TÜBİTAK

Bilim ve Teknik

58 yaşında

Aylık Popüler Bilim Dergisi Temmuz 2025 Yıl 58 Sayı 692 - 29 TL

TÜRKİYE DOĞASININ ENDEMİK VE NADİR BİTKİ TÜRLERİ

Nesli tehlike altında olan türler koruma altında...

Formula 1'deki Aerodinamik Tasarım

Güneş Döngüsü

Karalar Kuraklaşıyor

CRISPR Gen Tedavisi

POSTER EKİ
TÜRKİYE'NİN ENDEMİK VE NADİR BİTKİLERİ

ISSN 1300338001

Bilim ve Teknik Temmuz 2025 Yıl 58 Sayı 692
TÜRKİYE DOĞASININ ENDEMİK VE NADİR BİTKİ TÜRLERİ

“Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır.”
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 58 Sayı 692
Temmuz 2025

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Orhan Aydın

Genel Yayın Yönetmeni ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Ömer Kökçam

Dergiler Müdürü
Kübra Bal Çetinkaya

Yayın Yönetmeni
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Editör
Dr. Tuba Sarıgül

Yayın Danışma Kurulu
Ömer Kökçam
Fatma Başar
Kübra Bal Çetinkaya
Dr. E. Sümeyra Turalı Emre
Prof. Dr. Ersin Göğüş
Dr. Berat Z. Haznedaroğlu
Dr. Yeşim İmamoğlu
Prof. Dr. Raif Kandemir

Araştırma ve Yazı Grubu
Dr. Özlem Ak
Mesut Erol
Dr. Mahir E. Ocak
Dr. Tuba Sarıgül
İlay Çelik Sezer
Hayriye Yetiş Avcı

Redaksiyon
Berranur Beşir
Mehmet Sığırcı

Grafik Tasarım
Ayşe Dilara Cumhur
Hüseyin Diker

Web-Mobil Uygulama-Sosyal Medya
Dr. Tuba Sarıgül
Rıza Berkay Ayçelebi
Ebru Yavuz

Mali Yönetmen
Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler
Pınar Kaya

İletişim Bilgileri
TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı
Dergiler Müdürlüğü
Bilim ve Teknik Dergisi
Remzi Oğuz Arık Mah.
Tunus Cad. No:80
06540 Çankaya ANKARA
bteknik@tubitak.gov.tr
bilimteknik.tubitak.gov.tr

Abone İlişkileri
abone@tubitak.gov.tr
yayinlar.tubitak.gov.tr

Baskı
Başak Matbaacılık Tanıtım Hizmetleri İth.İhr. A.Ş.
basakmatbaa.com

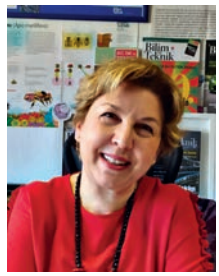
Baskı Tarihi 20.06.2025

Dağıtım Turkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.
tdp.com.tr

Bilim ve Teknik Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı [Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247] tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı [7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Nşr.83] tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380
Fiyatı 29 TL (KDV Dahil)

Her ayın 1'inde çıkar.



Ülkemizde her yıl onlarca bitki türü veya bitki alt türü keşfedilerek Türkiye doğası florasına ekleniyor. Bu da ülkemiz florasının ve bitki biyoçeşitliliğinin ne kadar zengin olduğunun bir göstergesi. Türkiye; coğrafi konumu, jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, toprak çeşitliliği, iklim farklılıkları, zengin su kaynakları, dağlık ve engebeli arazilerin varlığı, farklı ekolojik özellikleri, çok çeşitli habitat yani yaşam alanlarının olması nedeniyle dünyadaki zengin bitki biyoçeşitliliğine özellikle de endemik ve nadir bitki türlerine sahip ülkelerden birisi. Ülkemizde yetişen yaklaşık 12.000 bitki türünün 4.000 kadarı sadece Türkiye topraklarında yetişiyor. Bu ayki posterimizde Türkiye'deki binlerce endemik ve nadir bitki türünden küçük bir seçkiye yer veriyoruz. Rengarenk çiçekleriyle görsel şölen sunan bu endemik ve nadir bitkilerimizin çoğunun nesli tehlike altında. Bu nedenle koruma altında olduklarını özellikle vurgulamak istiyoruz.

Özlem Ak, biyouyumlu metal-organik kafes yapıların enerji ve biyomedikal uygulamaları üzerine yaptığı başarılı çalışmaları ile tanınan Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı ile yaptığı söyleşi sonrası hazırladığı yazıda bu başarının altında yatan hayat öyküsünü anlatıyor. İlay Çelik Sezer, yeni nesil CRISPR tekniklerinin gen tedavisindeki başarılı uygulamalarına değiniyor. Mahir Ocak ise küresel ısınma nedeniyle karaların gittikçe kuraklaştığı gerçeğini gözler önüne seriyor. Alp Akoğlu bu ayki yazısında Güneş döngüsü ve Dünya'ya etkilerinden bahsediyor. Güneş lekeleri ve Güneş patlamaları şu sıralar en yüksek düzeyde. Peki bu durum Dünya'yı ve teknolojik altyapıyı nasıl etkileyebilir? Gürkan Caner Birer, Formula 1 yazı serisine kaldığı yerden devam ediyor ve Formula 1 araçlarının aerodinamik tasarımını ele alıyor.

“Navigasyon Ustası Deniz Kaplumbağaları”, “İki Boyutlu Metaller Üretildi” ve “Mikrokabarcık Gücüyle Suyu Kimyasallardan Arıtma” yazılarımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden Bilim ve Teknik ile Büyüdüm, Büyüyorum, Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizi de beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

Bilim ve Teknik elektronik dergi arşivi (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır (services.tubitak.gov.tr/edergi). Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak, ayrıca hem yeni hem de eski sayılarımızı satın almak için yayinlar.tubitak.gov.tr adresini ziyaret edebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr), podcast programlarını ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da ilgiyle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,

Özlem Kılıç Ekici

ISSN 13003380
92
9 771300 338001

İçindekiler

4
***Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm, Büyüyorum**
Özlem Ak

6
Haberler

26
Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı ile Atomlardan Ürünlere Malzemelerin İzinde Bir Bilim Yolculuğu
Özlem Ak

24
Bilim Çizgi
TÜBİTAK'ın Kuruluş Öyküsü
Sinancan Kara

40
Tekno-Yaşam
Gürkan Caner Birer

44
Bilgisayar Biliminin Nobel'i Turing Ödülü Pekiştirmeli Öğrenmenin Mimarlarına
İlay Çelik Sezer

46
K2-18b Ötegezegeninde Yaşama İlişkin Kanıtlar mı Bulundu?
Faruk Soydugan

48
Küresel Isınma Karaları Kuraklaştırıyor
Mahir E. Ocak

54
Merak Ettikleriniz
Mesut Erol

14

Güneş Döngüsü ve Dünya'ya Etkileri

Alp Akoğlu

Güneş 11 yıllık döngüsünün zirvesinde; Güneş lekeleri ve Güneş patlamaları en yüksek düzeyde. Peki bu durum Dünya'yı ve teknolojik altyapıyı nasıl etkiler?

64
Navigasyon Ustası Deniz Kaplumbağaları
Hayriye Yetiş Avcı

66
Cilt Mikrobiyomu Güneşe Karşı
Özlem Ak

68
Mikrokabarcık Gücüyle Suyu Kimyasallardan Arıtma
Morteza Ghorbani, Ali Koşar

74
İki Boyutlu Metaller Üretildi
Mahir E. Ocak

76
Satürn'ün Gerçek Renkleri
Tuba Sarıgül

78
Bilim Tarihinden Notlar
Ptolemaios'un Bilimsel Çalışmaları II
Hüseyin Gazi Topdemir

82
Doğa - Fauna
Fırat Kaplumbağası
Mehmet Kürşat Şahin

84
Gökyüzü
Tuba Sarıgül

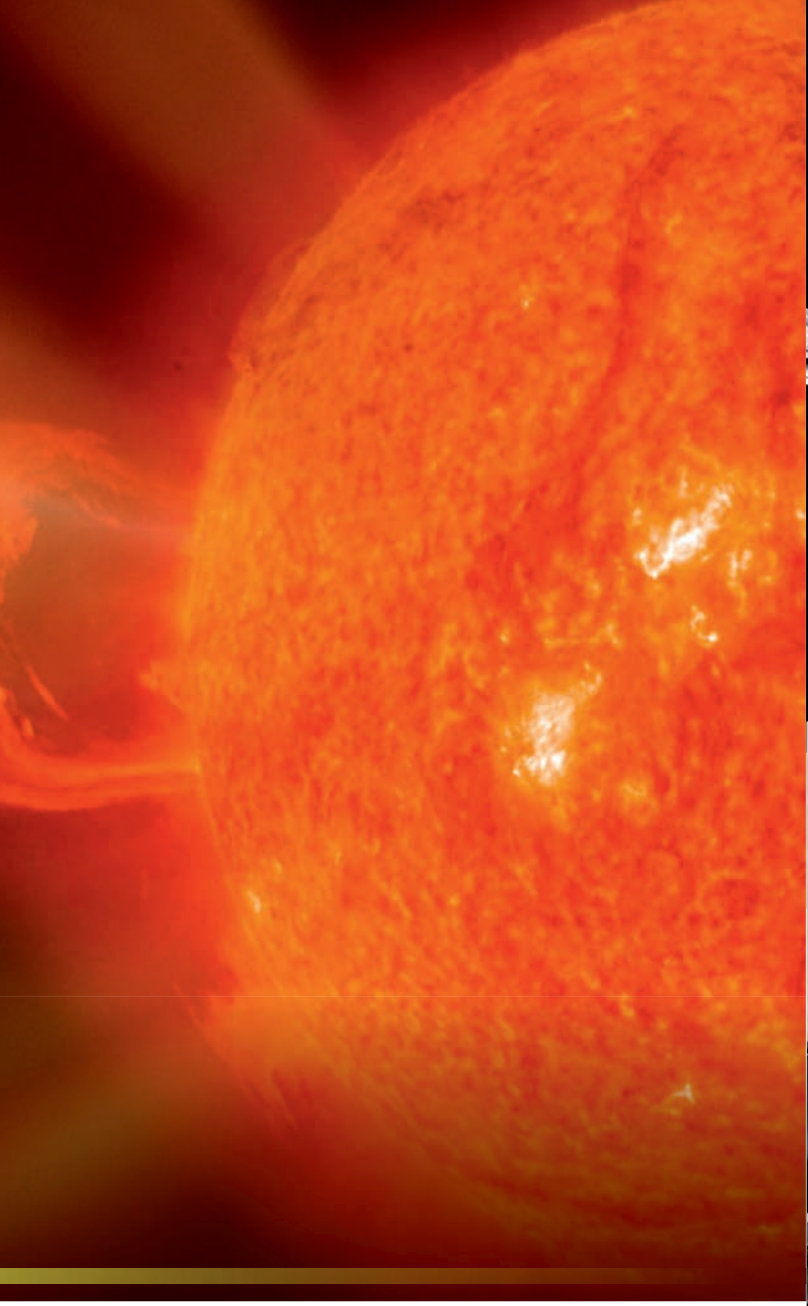
88
Düşünme Kulesi
Ferhat Çalapkulu

90
Satranç
Kıvanç Çefle

93
Ayın Sorusu
Azer Kerimov

94
Zekâ Oyunları
Emrehan Halıcı

96
Yayın Dünyası
Özlem Kılıç Ekici



34

İlay Çelik Sezer
Yeni Nesil CRISPR Teknikleriyle
İki Önemli Gen Tedavisi Denemesi

56

Gürkan Caner Birer
Formula 1 Araçlarının
Aerodinamik Tasarımı

POSTER EKİ
Türkiye'nin Endemik ve Nadir Bitkileri
Özlem Kılıç Ekici,
Hüseyin Diker

Bilim ve Teknik

tubitakbiltek

tubitakbilimteknik

TÜBİTAK Bilim ve Teknik

bilimteknik.tubitak.gov.tr/

Dergimizin içeriğinden seçerek hazırladığımız bilimsel ve teknolojik bilgileri *Bilim ve Teknik* dergisinin internet sitesi ve sosyal medya hesapları aracılığıyla takip edebilirsiniz.

Dergimize "Bilim ve Teknik ile Büyüdüm, Büyüyorum!", "Düşünme Kulesi" ve "Ayın Sorusu" köşeleri ile ilgili içerik gönderen okurlarımız, "Kişisel Verileri Koruma Kanunu" kapsamında, paylaştıkları verilerin ve bilgilerin dergimiz tarafından yayınlanmasına açık rıza göstermiş sayılacaktır.

Elektronik dergi arşivimiz (son dört sayı hariç) herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.

TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları sitesinden dergilerimize abone olabilir, hem yeni hem de eski sayılarımızı satın alabilirsiniz.

Bilim ve Teknik podcast kanalı ile kulağınız her daim bilimde olsun! Podcast içeriklerimizi Spotify, YouTube Music, Apple Podcast ve SoundCloud'dan dinleyebilirsiniz.

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm, Büyüyorum...

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz. *Bilim ve Teknik* ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, "*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı" diyen okurlarımız için mektuplarını gönderebilecekleri adresimizi hatırlatıyoruz: bteknik@tubitak.gov.tr

"Ben hâlâ dergisine sarılıp uyuyan çocuğum"

Merhaba,

Benim çocukluğum internet ve bilgisayarın evlerimize yeni geldiği dönemlerde geçti. İlkokula gittiğim yıllarda evimizde internet ve bilgisayar yoktu. Ödevlerimi yapmak için çocuk kütüphanelerine giderdim. TÜBİTAK'ın *Bilim Çocuk* dergisi kütüphanelerde dikkatimi çekerdi. Bazı sayılar eksik olurdu. İçimde ukde kalan şeylerden birisi de eksik olan sayılara o dönem erişememekti. Öğretmenimiz her pazartesi günü bizlere hafta sonu neler yaptığımızı, yeni bir şeyler öğrenip öğrenmediğimizi sorardı. Ben de *Bilim Çocuk*'ta okuduğum yazıları anlatırdım. En unutamadığım yazılar, geleceğin teknolojilerine ilişkin tahminler içeren yazılardı. O yazıları insanlara aktardığım zaman yetişkinlerin bile yüzlerindeki merak ve heyecanı hâlâ net bir şekilde hatırlıyorum. Sanırım 2006 Dünya Kupası'nın olduğu bir dönemde FIFA 2050 Dünya Kupası'nın robotlar ve insanlar arasında yapılacağına dair bir yazı vardı. Hâlâ merakla bekliyorum. Gökyüzü ve yıldızlarla ilgili dergi ekleri ve özellikle de güneş tutulması gözlemi için verilen gözlük en unutamadığım ekler arasında. İlk dergimi aldığım zaman dergiye bakarken annem dergiye sarılarak uyuya kaldığımı söylüyor.

TÜBİTAK'ın bilim olimpiyatlarına, proje yarışmalarına hep ilgi duydum. Çocukluğumda bana açtığı ufuklarla TÜBİTAK, benim nazarımda en saygın kurumlardan biriydi, hâlâ da öyle. TÜBİTAK dergileri bana vizyon kattı, yarışmaları ise araştırma yöntemlerine ilgi duymamı sağladı ve akademik kariyer yapma arzumu açığa çıkardı. Kısacası kariyerimi TÜBİTAK'a borçluyum. Kendimi kısa ifadelerle anlatamam ama beni tanıyan herkes ne demek istediğimi iyi anlar. TÜBİTAK ben ve benim gibi nice Anadolu gencinin merak duygusunu bilime yönelten, ufuklar açan ve nice zihinleri bilime yönlendiren bir kurumdur.

Çocukluğumda TÜBİTAK dergilerinin istediğim sayılarına ulaşamamak içimde kalan bir ukdeydi. Şimdi 28 yaşındayım ve *Bilim ve Teknik* dergisine abone olup ilk dergim bana ulaştığında çocukken yaşadığım o hissi tekrar yaşadım. Ve fark ettim ki ben hâlâ derginin kapağını açtığında merak eden, dergiyi okurken dalıp giden, dergisine sarılan çocuğum. Kendi evlatlarıma da bırakacağım bir miras olacak *Bilim ve Teknik.*

Saygılarımla,

Hakkı Halil Babacan

"Bilim merakımı besleyen dergi"

Merhaba,

Bilim ve Teknik ile lise yıllarımda tanıştım. O zamandan beri bilim merakımı en güzel şekilde besleyen, keyifle okuduğum harika bir dergi. Kariyerimi akademisyenlik yolunda şekillendirmemde büyük payı var. Şu anda ön lisans elektrik bölümü mezunuyum ve elektrik-elektronik mühendisliğine hazırlanıyorum. Bu süreçte dergi, hem molalarımı daha verimli geçirmeme yardımcı oluyor hem de hedeflerim için motivasyonumu artırıyor.

Kuantum mekaniği ve kuantum bilgisayarlar en çok ilgimi çeken konular. Son bir yıldır bu alanda bol bol okuyup araştırıyorum. Bir gün bu dergide kendi yazılarımı ya da çalışmalarımın başarı öyküsünü görmek en büyük hayalim.

İyi ki varsınız. Umarım daha uzun yıllar boyunca basılı olarak bizlerle olmaya devam edersiniz.

Muhammed Melih Çelik

"En sevdiğim dergi"

Merhaba,

3 yaşımda TÜBİTAK'ın dergileriyle tanıştım. İlk önce *Meraklı Minik* sonra *Bilim Çocuk* ve en sonunda da *Bilim ve Teknik* dergisi hayatıma girdi. *Bilim ve Teknik*'i keyifle okuyorum, özellikle de bulmacalarını her ay çözmeye çalışıyorum. En sevdiğim dergi olan *Bilim ve Teknik* ailesine her ay bana yepyeni pencereler araladığı için çok teşekkür ederim.

Ata Koyunlu

"Bilimle Büyümek"

Merhaba,

TÜBİTAK dergileriyle ortaokul 5. veya 6. sınıftayken tanıştım. Babam üç dergiye de abone olmuştu. Her ay *Bilim ve Teknik, Bilim Çocuk* ve *Meraklı Minik* düzenli olarak evimize geliyordu. O yıllarda ben *Bilim Çocuk* dergisini büyük bir ilgiyle okurdum. Ailecek etkinlikleri birlikte yapardık. Kız kardeşim *Meraklı Minik* dergisine bayılırdı, ben de zaman zaman göz atardım. *Bilim ve Teknik* ise içeriğini anlamakta zorlandığımdan o zamanlar ilgimi pek çekmezdi.

Artık lise öğrencisiyim ve *Bilim ve Teknik* dergisini büyük bir ilgiyle takip ediyorum. Bilimin her alanına meraklıyım. Yakın zamanda bir makale yazdım ve yayımlatmak istedim. Ancak bunun için en az lisans derecesine sahip olmam gerektiğini öğrendim. Şimdi yeni bir hedefim daha var: Lisans eğitimimi tamamladıktan sonra yazılarımı *Bilim ve Teknik* dergisinde yayımlatmak. Bu hayalimi de mutlaka bir gün gerçekleştireceğim.

Bu dergilerin hazırlanmasında emeği geçen herkese çok teşekkür ederim. *Bilim ve Teknik* dergisinde elektrik-elektronik alanıyla ilgili daha fazla içerik görmek beni mutlu eder.
Kalın sağlıcakla.

Kemal Aslan

Haberler

Karanlık Maddenin Doğası İçin Yeni Bir Teori

Mahir E. Ocak

Işıkla etkileşmediği için doğrudan görülemeyen karanlık madde, kozmolojinin standart modelinde önemli bir yer tutuyor. Evrendeki toplam maddenin %85'ini, toplam madde ve enerjininse %25'ini karanlık madde oluşturuyor.

Bugün karanlık maddenin doğasının ne olduğu hâlâ bilinmiyor. Öne sürülmüş çeşitli hipotezler olsa da herhangi birini doğrulayan deneysel ya da gözlemsel veri bulunmuyor.

Dartmouth College'dan Guaming Liang ve Robert Caldwell, karanlık maddenin doğası ile ilgili yeni bir teori öne sürdü. Yeni teoriye göre Büyük Patlama'dan hemen sonra aşırı düşük kütleli ve ışık hızına yakın hızlarla hareket eden parçacıklar vardı. Tıpkı mıktanısların kuzey ve güney kutuplarının birbirini çekmesine benzer biçimde, zıt yönlerde spinlere sahip parçacıkların birbirine doğru çekilmesiyle bu parçacıklar çiftler hâlinde bir araya geldi. Parçacık çiftlerinin zamanla enerji kaybetmesiyle bir "faz dönüşümü" gerçekleşti ve karanlık maddeyi oluşturan düşük hızlarla hareket eden, ağır parçacıklar ortaya çıktı.

Yeni teori, karanlık maddeye dönüşen farazi bir parçacığın varlığını öne sürüyor. Atom altı parçacıkların benzer dönüşümler gerçekleştirdiği zaten biliniyor. Örneğin süperiletkenlik, elektronların Cooper çiftleri olarak adlandırılan çiftler oluşturmasıyla ortaya çıkıyor. Araştırmacılar Cooper çiftlerinin varlığını öne sürdükleri teorideki parçacıkların karanlık maddeye dönüşebileceğini destekleyen bir bulgu olarak görüyor.

Yeni teorinin daha önceleri öne sürülmüş hipotezlerden önemli bir farkı, var olan gözlemsel verilerle test edilebilir olması. Araştırmacıların karanlık maddeyi oluşturduğunu öne sürdükleri aşırı düşük enerjili farazi parçacıklar kozmik artalan ışımasında iz bırakmış olmalı. Dolayısıyla Büyük Patlama'dan artakalmış, tüm evreni neredeyse homojen bir biçimde dolduran bu ışıma ile ilgili verileri analiz ederek yeni teorinin doğruluğu ya da yanlışlığı hakkında bir fikir edinilebilir. Detaylı bilgiye *Physical Review Letters*'ta yayımlanan makaleden ulaşabilirsiniz. ■

Liang, G. ve Caldwell, R. R., "Cold Dark Matter Based on an Analogy with Superconductivity", *Physical Review Letters*, Cilt 134, Makale No: 191004, 2025.

Fırtınaların Sonraki Fırtınaları Zayıflatan Serinletme Etkisi Azaldı

İlay Çelik Sezer

Yeni bir araştırmaya göre okyanuslarda fırtınaların takip ettikleri rota boyunca okyanus sularında neden oldukları soğuma etkisi, eskisine göre daha kısa süreler içinde kaybolarak takip eden fırtınaların şiddetinde artışa neden oluyor.

Elen11 / Stock

Şiddetli fırtınalar olan tropikal siklonlar ve kasırgalar enerjilerini okyanuslarda depolanan ısıdan alır. Deniz yüzeyi sıcaklıklarının yükselmesi, fırtınaların potansiyel olarak ulaşabilecekleri maksimum şiddeti artırır. Öte yandan fırtınalar ilerlerken geçtikleri bölgelerde okyanusları bir miktar soğutur. Bu da takiben meydana gelebilecek fırtınaların şiddetinin azalmasına neden olur. ABD Pasifik Kuzeybatı Ulusal Laboratuvarından (PNNL) Karthik Balaguru ve ekibi, fırtınalardan sonra okyanus sularındaki serinleme etkisinin zamanla nasıl değiştiğini anlamak amacıyla 1981-2020 aralığında fırtınaların izlediği rotalar üzerindeki deniz yüzeyi sıcaklıklarını inceledi.

Sonuçlar, kasırgaların en sık meydana geldiği bölge olan Orta Atlantik'te, günümüzde oluşan kasırgaların okyanus yüzeyinde neden olduğu soğuma miktarının kırk yıl öncekiyle aynı olduğunu gösterdi. Ancak 2001'den bu yana bu soğuma etkisinin çok daha hızlı bir şekilde ortadan kalktığı ve bu etkinin ömrünün sonraki fırtınaları zayıflatmaya yetmeyecek kadar kısa olduğu görüldü.

Araştırmacıların hesaplamalarına göre serinletme etkisinin daha çabuk ortadan kalkması kasırgaların şiddetinde artışa neden oluyor. Bu artış, 1980'den bu yana deniz yüzeyinde insan kaynaklı etkinliklere bağlı olarak gerçekleşen ısınmanın kasırga şiddeti üzerindeki etkisinin %9'una denk geliyor. Fırtına sonrası serinletme etkisinin daha hızlı yok olmaya başlaması, fırtınalar geçtikten sonra okyanusu serinleten alize rüzgârlarının iklim değişikliği nedeniyle zayıflamasının bir sonucu olabilir. ■

https://www.newscientist.com/article/2482298-hurricanes-arent-cooling-off-future-storms-as-much-as-they-once-did/

6 Şubat 2023 Depremlerine Atmosferik Nehir Etkisi

Hayriye Yetiş Avcı

6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli deprem felaketinin ardından yaşanan şiddetli yağışlar, deprem bölgesini etkisi altına almıştı. İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Tolga Görüm liderliğinde yürütülen ve *Communications, Earth & Environment* dergisinde yayımlanan yeni bir çalışma, 6 Şubat depremlerinden

İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Tolga Görüm

sonra aşırı yağışlara yol açan atmosferik nehir olayının afetin etkilerini daha da derinleştirdiğini gözler önüne seriyor.

Atmosferik nehirler, atmosferdeki dar bir bölge boyunca yüksek miktarda su buharı taşıyan doğa olaylarıdır. Sıcaklık etkisiyle buharlaşan okyanus suları, güçlü rüzgârların etkisi ile atmosferde dar bir koridor boyunca ilerler. Atmosferik nehirler içinde uzun mesafeler boyunca yol alabilen su buharı okyanuslardan karaya doğru hareket ederken dağlık bir bölgeye ulaşırsa yükselir. Bu esnada soğuyup yoğunlaşarak yağışa dönüşür. Eğer atmosferik nehir birkaç gün boyunca aynı bölgeye su buharı taşımaya devam ederse bu durum uzun süreli ve şiddetli yağışlara neden olarak sel ve heyelan gibi afetlere yol açabilir.

Birden fazla afetin birlikte ya da birbirlerini tetikleyerek gerçekleştiği durumlar öngörülmesi zor ve tahmin edilenden çok daha yıkıcı sonuçları beraberinde getirebiliyor. Atmosferik nehir olayı, 6 Şubat depremlerinden 36 gün sonra depremden etkilenen bazı bölgelere 20 saat gibi kısa bir sürede 183 milimetreye varan yağış düşmesine neden oldu. Bu yoğun yağışlar, deprem sonrası meydana gelen heyelanlara ek olarak yeni heyelanlara ve molozların akarsu yataklarında yığılmasına sebep olurken yağmur sularının bu engelleri aşamadığı yerlerde sel baskınları görüldü. Aşırı yağışların etkisiyle şiddetlenen nehir akıntılarının sürüklediği molozların akarsu yataklarına yakın evlere çarpması sonucu 4 kişi yaşamını yitirdi. Ayrıca meydana gelen şiddetli yağışlar, birçok bölgede arama kurtarma çalışmalarının aksamasına sebep oldu.

İklim değişikliğinin doğa üzerindeki çok yönlü etkileri bulunuyor. Araştırmalar iklim değişikliği nedeniyle son yıllarda atmosferik nehir kaynaklı yağışlarda artış meydana geldiğini gösteriyor. Bilim insanları, yüksek enerjili atmosferik nehirlerin tehlike oluşturma potansiyeline dikkat çekiyor.

Deprem riski taşıyan dağlık bölgelerde afetlere karşı alınacak önlemlerin iklim koşulları göz önünde bulundurularak planlanması, sel ve heyelan gibi ikincil tehlikelere hazırlıklı olabilmek açısından büyük öneme sahip. Aynı bölgeyi eş zamanlı olarak etkileyebilecek çoklu afet senaryolarına atmosferik nehirlerin etkilerinin de dâhil edilmesi gerektiğini vurgulayan bilim insanları, afet yönetiminin daha bütüncül hâle getirilmesinin acil durum yönetimi için kritik önem taşıdığını ifade ediyor. ■

https://www.nature.com/articles/s43247-025-02111-9
https://scijinks.gov/atmospheric-river/

Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda Kurşun Altına Dönüşüyor

Mahir E. Ocak

Kurşunu altına dönüştürmek 17. yüzyılda yaşamış simyacıların hayaliydi. Ancak o dönemler denenen sıradan kimyasal yöntemlerle kurşunu altına dönüştürmek mümkün değildi. Bir elementin atomlarını başka bir elementin atomlarına dönüştürmek için yüksek enerjili çekirdek tepkimelerine ihtiyaç vardır.

Günümüzde Cenevre yakınlarındaki Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN) içerisinde bulunan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndaki (LHC) deneyler sırasında kurşun zaman zaman altına dönüşüyor.

LHC'de kurşun iyonu demetleri ışık hızına yakın hızlara ivmelendiriliyor. Deneyler sırasında kurşun iyonları kafa kafaya çarpışmak yerine bazen birbirinin çok yakınından geçiyor. Bu sırada ortamdaki aşırı yüksek elektromanyetik alan kurşun atomu çekirdeklerinden 3 protonun dışarı atılmasına yol açıyor. Böylece çekirdeklerinde 82 proton bulunan kurşun atomları, çekirdeklerinde 79 proton bulunan altın atomlarına dönüşüyor.

Bir grup fizikçi, LHC'deki deneylerin sonuçlarını analiz ederek 2015-2018 döneminde ne kadar kurşunun altına dönüştüğünü belirledi. Araştırmacıların *Physical Review C*'de yayımladıkları sonuçlara göre LHC bu dönemde yaklaşık 86 milyar tane altın atomu üretti. Bu altın atomlarının toplam kütlesi ise bir gramın yaklaşık 30 trilyonda biri kadardı. Ortaya çıkan yüksek hızlı altın atomları deney cihazına çarpmadan ya da başka atomlara parçalanmadan önce sadece 1 mikrosaniye kadar var olabildi.

LHC'deki deneylerle külçeler hâlinde ucuz altın elde etmek mümkün değil. Ancak bu fiziksel süreçlerle ilgili analizlerden üretilen iyon demetlerinin kalitesini ve kararlılığını artırmak için yararlanılabileceği belirtiliyor. ■

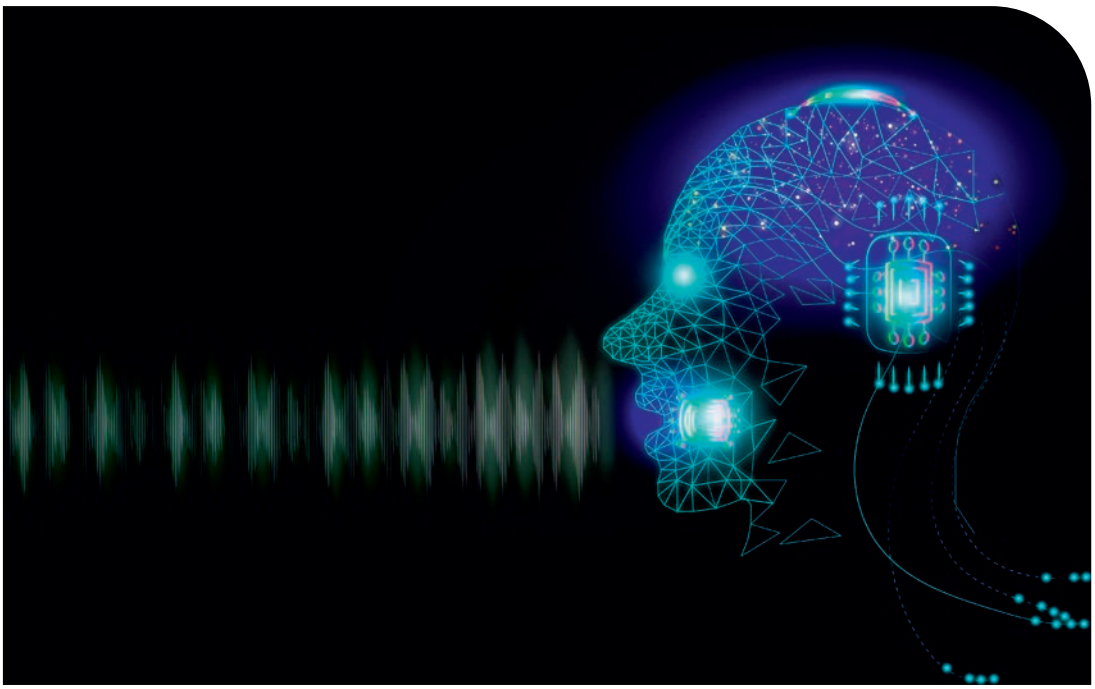
bodnarchuk / iStock

Acharya, S., ve ark., "Proton emission in ultraperipheral Pb-Pb collisions at √(S_ NN)=5.02 TeV", Physical Review C, Cilt 111, s. 054906, 2025.

Sesteki Değişimlerden Parkinson'a Erken Teşhis

İlay Çelik Sezer

Bir grup araştırmacı, Parkinson hastalığının insanların sesinde yol açtığı değişimlere dayanarak bu hastalığın erken tanısına yönelik, yapay zekâ temelli bir yöntem geliştirmeye çalışıyor. Tanısına yönelik kesin sonuç veren bir laboratuvar testi bulunmayan Parkinson hastalığı genellikle belirtileri değerlendirilerek teşhis ediliyor.



Parkinson hastalarının %90'a yakınında, konuşmayı sağlayan kasların zayıflamasından dolayı tıp dilinde dizartri adı verilen konuşma güçlüğü görülüyor. Kuzey Texas Üniversitesinden Aniruth Ananthanarayanan ve ekibi, bu belirtiden yola çıkarak Parkinson'un teşhisine yönelik ucuz ve girişimsel olmayan alternatif bir yöntem geliştirmek amacıyla insanların seslerindeki değişime odaklandı.

Araştırmacılar, bu amaçla önce 23'üne Parkinson teşhisi konmuş 31 hastadan toplam 195 ses kaydı aldı. Bu kayıtların bir kısmı hastalığı teşhis etmek üzere yapay zekâ modellerini eğitmek amacıyla kullanıldı. Yapay zekâ modelleri eğitilirken sesteki boğukluk ve ses tonundaki düzensizlikler gibi akustik değişkenler ağırlıklı olarak kullanıldı. Daha sonra yapay zekanın eğitiminde kullanılmayan ses kayıtları kullanılarak modelin ne doğrulukla tahmin yaptığı test edildi. Geliştirilen yapay zekâ modeli, Parkinson'lu hastaları tespit etmekte %90'ın üzerinde başarı gösterdi.

Binghampton Üniversitesinden çalışmada yer almayan Cristopher Bishop, dizantrinin vücut hareketlerini kontrol eden nöron yolaklarından farklı yolaklardaki hasardan kaynaklandığını söylüyor ve konuşma güçlüğü Parkinson'un ilerleme sürecinde erken ortaya çıkan belirtilerden biri olduğu için hastalığın teşhisi için faydalı bir gösterge olabileceğini belirtiyor. Öte yandan araştırmada kullanılan veri seti hayli küçük olduğu için modellerin farklı aksanlardaki konuşmalara ait ses kayıtlarını da içeren daha geniş veri setleriyle doğrulanması gerekiyor. ■

https://www.newscientist.com/article/2479755-parkinsons-disease-could-be-detected-by-listening-to-someones-voice/

Gözümüz Yanmadan Soğan Doğramak Mümkün mü?

İlay Çelik Sezer

Soğan doğrarken gözlerin yanması pek çok insanın yemek hazırlarken yaşadığı bir zorluk. Üstelik kişiden kişiye değişen hassasiyet bazı insanların işini ciddi ölçüde zorlaştırabiliyor. Bir grup araştırmacı, bilimsel yöntemler kullanarak bu sorunu kısmen de olsa nasıl bertaraf edebileceğimize ilişkin çözüm yolları ortaya koydu.

Milan Krasula / iStock

Bir soğanı kestiğimizde havaya kükürtçe zengin bileşiklerden oluşan bir karışım püskürerek yayılır. Bunlardan biri olan sin-propanetiyal-S-oksit adlı madde, gözyaşı üretiminden sorumlu olan sinirleri uyararak gözümüzün yaşarmasına neden olur. ABD'deki Cornell Üniversitesinden Jung Sunghwan ve ekibi, kahverengi soğanlar farklı keskinliklerdeki bıçaklarla farklı hızlarla kesilirken bu maddelerin etrafa nasıl püskürdüğünü ayrıntılı olarak inceledi. Bu amaçla soğanlar, ağız kalınlığı 5 ila 200 milimetre arasında değişen bıçaklar bir çeşit giyotinle 0,4 ila 2 metre yükseklikten bırakarak kesildi ve bu denemeler yüksek hızlı kameralarla görüntüledi.

Deneyin sonuçlarına göre soğanları daha keskin bıçaklarla kesmek kinetik enerjisi daha düşük ve daha yavaş damlacıklar oluşturuyor. Soğanlar kör bıçaklarla kesildiğinde ise soğanın en dış zarı, elastik bir şekilde bükülerek iç katmanın parçalanmasını önleyen bir engel gibi davranıyor ve bu da soğanın içinde basınç birikmesine neden oluyor. Sonuçta soğanın zarı kesilerek parçalandığında, gözyaşı oluşmasına neden olan madde damlacıkları bu basınç nedeniyle çok daha yüksek bir enerjiyle etrafa püskürüyor. Bu damlacıklar havayla temas edince parçalanıp daha da fazla damlacığa dönüşüyor.

Sonuçlara göre soğanların hızlı kesilmesi yavaş kesilmesine göre havaya daha fazla parçacık yayılmasına sebep oluyor. Dolayısıyla soğanları keskin bıçaklarla yavaş bir şekilde kesmenin göz yaşarmasına neden olan kimyasal maddelere daha az maruz kalınmasını sağlayacağı düşünülüyor. Ancak araştırmacılar bu neden-sonuç ilişkisini test eden herhangi bir deney yapmadı. Dolayısıyla bu sonuçların günlük hayatta soğan keserken işe yarayıp yaramayacağı belirsiz. ■

https://www.newscientist.com/article/2480321-physicists-reveal-the-secret-to-chopping-onions-without-crying/

Parmak Ucundan Alınan Kanla Depresyon Riski Tespit Edilebilir mi?

Özlem Ak

Depresyonun teşhisinde yeni ve umut verici bir yöntem geliştirildi. McGill Üniversitesi öncülüğünde Los Angeles, Kaliforniya Üniversitesi (UCLA) ve Stanford Üniversitesi iş birliğiyle yürütülen bir araştırma, parmak ucundan alınan birkaç damla kurumuş kanla gençlerde depresyon riskinin biyolojik belirteçlerle belirlenebileceğini ortaya koydu.

Araştırmaya 34'si depresyon tanısı konmuş 28'i sağlıklı olmak üzere toplam 62 ergen katıldı. Katılımcılardan alınan küçük miktarlardaki kan örnekleri, kurutulup -20 ºC'de moleküler bütünlüğü korunacak şekilde saklandı. Bu örnekler basit bir parmak delme işlemiyle elde edilebildiği için oldukça pratik, minimum cerrahi müdahale gerektiren ve geniş kitlelere uygulanabilir nitelikte. Ayrıca taşınması ve depolanması da kolay olduğundan tarama çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaya uygun.

Geliştirilen laboratuvar temelli yöntemle kan örneklerinden mikroRNA'lar (gen ifadesini düzenleyen küçük RNA molekülleri) izole edilip analiz edildi. McGill Üniversitesinden doktora sonrası araştırmacı Alice Morgunova, bulguların ruh sağlığı araştırmalarında kurutulmuş kan örneklerinin pratik kullanımına bir zemin oluşturduğunu belirtiyor. Bu yöntem sayesinde psikolojik bozukluklarla ilişkili biyolojik değişimleri erken aşamada ve minimum bir cerrahi müdahale ile takip etmek mümkün olabilecek.

DarioGaona / iStock

Bugün depresyon tanısı çoğunlukla bireyin kendi beyanına yani semptomları nasıl tanımladığına dayanıyor. Ancak bu yöntem her zaman güvenilir sonuçlar vermiyor: Özellikle genç bireyler belirtileri fark etmeyebiliyor ya da paylaşmakta zorlanabiliyor. Oysa laboratuvar temelli bir tarama aracı, depresyon riskini daha erken ve güvenilir bir şekilde belirleme imkânı sunabilir.

Araştırmacılar, bu öncü bulguları daha geniş genç gruplarıyla test etmeyi planlıyor. Ayrıca dış etkenlerin gen ifadesini nasıl değiştirdiğini kontrol eden epigenetik düzenleyiciler olan mikroRNA'ların genetik yatkınlıklar ve çevresel faktörlerle nasıl etkileşime girdiği de ilerleyen çalışmalarda incelenecek. Kısacası bu yöntem sadece depresyonun daha erken teşhis edilmesini sağlamakla kalmayabilir aynı zamanda biyolojik göstergelerin, gelecekte ruh sağlığıyla ilgili bozuklukların teşhisine ve taramasına yönelik yaklaşımları temelden değiştirmesini sağlayabilir. ■

https://doi.org/10.1016/j.bpsgos.2025.100505

Isınan Denizler, Küçülen Balıklar

Özlem Ak

Kayıp Balık Nemo filminden tanıdığımız sevimli turuncu palyaço balıkları, iklim değişikliğinin etkilerine karşı kendilerini korumak için şaşırtıcı bir yol bulmuş olabilir. İngiltere'deki Newcastle Üniversitesinden doktora öğrencisi Melissa Versteeg tarafından yürütülen yeni bir çalışmaya göre mercan resiflerinde yaşayan bu küçük balıklar, denizel sıcak hava dalgalarının (denizlerdeki anormal sıcaklık artışları) yarattığı stresle başa çıkmak için boyutlarını küçültebiliyor. Araştırmanın sonuçları mayıs ayında *Science Advances* dergisinde yayımlandı. Versteeg, balıkların fiziksel olarak küçüldüğünü görmenin kendilerini çok şaşırttığını ve bunun inceledikleri palyaço balığı popülasyonunda oldukça yaygın bir durum olduğunu keşfettiklerini söylüyor.

İklim değişikliği, karasal ve denizel yaşam alanlarında değişikliklere neden oluyor. Bu süreçte özellikle sıcak hava dalgaları hayvanları ciddi şekilde etkiliyor. Önceki araştırmalar, artan sıcaklıkların hayvanların boyutlarını etkileyerek zamanla küçülmelerine yol açtığını gösteriyor. Peki ama bu durum palyaço balıklarında nasıl gerçekleşiyor?

Araştırmacılar, Papua Yeni Gine'deki Kimbe Körfezi'nde yaşayan turuncu palyaço balığı *(Amphiprion percula)* popülasyonunu inceleyerek bu sorunun cevabını bulmaya çalıştı. Bölgedeki deniz suyu sıcaklıklarının uzun dönemli ortalamanın yaklaşık 4 °C üzerinde olduğu Şubat 2023 ile Ağustos 2023 tarihleri arasında yürütülen çalışmada, balıkların boyları her ay düzenli olarak ölçüldü. 134 balık üzerinde yapılan gözlemlerde 100 tanesinin boyunun zamanla kısaldığı görüldü. En ilginç nokta ise balıkların boyutlarının küçülmesi kütlelerinin azalması anlamına gelmiyordu, balıkların gerçekten boyları kısalıyordu. Üstelik küçülen balıkların sıcak hava dalgalarına karşı hayatta kalma olasılığı, küçülmeyenlere kıyasla %78 oranında daha fazlaydı.

Araştırma sürecinde bazı balıkların boyutu yalnızca bir kez kısalırken bazıları birden çok kez küçüldü ve çok kez küçülen balıkların hepsi hayatta kaldı. En ilginç bulgulardan biri ise balıklar üreme eşleri ile birlikte küçüldüğünde hayatta kalma oranları daha da yüksekti.

Bu tür küçülme davranışları sadece palyaço balıklarına özgü değil. Örneğin deniz iguanalarında da sıcak hava dalgalarına karşı benzer bir tepki gözlemleniyor. Ancak bu araştırma, palyaço balıklarının bu etki nedeniyle küçüldüğünü ortaya koyan ilk bilimsel çalışma oldu. Bulgular, diğer mercan resifi balıkları hatta tüm balık türleri için de önemli bilgiler sağlıyor. 2023'te yayımlanan başka bir çalışmada, dünya genelinde balıkların geçmiş yıllara kıyasla çok daha küçük boyutlarda olduğu gösterilmişti. Bu durum, küçük türlerin daha büyük türlere göre hayatta kalma konusunda daha avantajlı olmasından kaynaklanabilir. Diğer bir olasılık ise tür fark etmeksizin bireylerin boyutlarını küçülterek sıcak hava dalgalarının oluşturduğu stres koşullarına uyum sağlıyor olabilir.

Versteeg, küçülmenin nasıl gerçekleştiğini henüz tam olarak bilemediklerini ve bunu anlamak için çalışmaların devam ettiğini belirtiyor. ■

https://doi.org/10.1126/sciadv.adt7079

Güneş Döngüsü ve Dünya'ya Etkileri

Alp Akoğlu [Fizikçi, Amatör Gökbilimci ve Bilim İletişimi Uzmanı

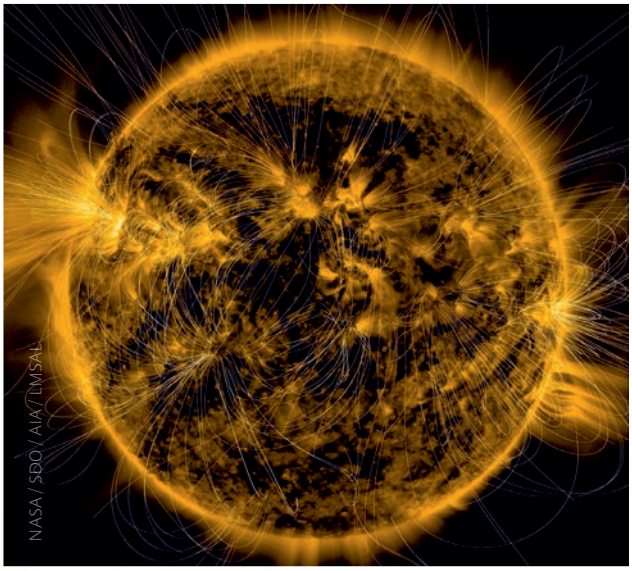
Güneş uzaktan bakıldığında hep aynı şekilde parlayan, hiç değişmeyen bir ısı ve ışık kaynağı gibi görünür. Oysa Güneş pek çok açıdan özellikle de manyetik olarak son derece dinamik bir yıldızdır. Bu dinamikliğin en belirgin göstergelerinden biri yaklaşık 11 yılda bir tekrarlayan Güneş döngüsüdür. Bu döngü süresince Güneş'in manyetik alanı düzenli olarak değişir, manyetik kutupları yer değiştirir ve yüzeyindeki leke sayısından patlama sıklığına kadar bu değişimin birçok belirtisi ortaya çıkar. Bir döngü başladığında Güneş en sakin dönemindedir ancak döngünün ortalarında en etkin hâline ulaşır. 2025 yılında da bu döngülerden birinin en etkin dönemini yaşıyoruz. Yani Güneş şu anda en hareketli zamanlarından birinde. Dolayısıyla Güneş lekeleri ve Güneş patlamaları en yüksek düzeyde. Bu durum büyük olasılıkla milyarlarca yıldır sürüyor olsa da Dünyamız ve özellikle de teknolojik altyapılarımız üzerindeki etkilerini yeni yeni anlıyoruz.

Victor De Schwanberg / SPL

Güneş döngüsü, Güneş'in manyetik alanındaki düzenli değişimlerin bir sonucudur. Yaklaşık 11 yılda bir tamamlanan bir döngü, Güneş'in manyetik alanının şiddetinin giderek zayıflayıp kaybolduktan sonra kutuplarının yer değiştirmesiyle sona erer; manyetik kuzey kutbu güneyde, manyetik güney kutbu da kuzeyde ortaya çıkar. Bu süreç, Güneş'in iç yapısındaki plazma hareketlerinin ve kendi etrafındaki dönüşünün bir sonucudur. Yüzeyi düzgün bir küre gibi görünse de aslında Güneş, sürekli devinen ve adeta kaynayan bir plazmadır. Bu dinamik yapı, Güneş döngüsünün temel nedenlerinden biridir. Güneş katı bir cisim olmadığından, farklı bölgeleri farklı hızlarda döner. Ekvator bölgesi bir dönüşünü yaklaşık 25 günde tamamlarken, kutuplarda bu süre 35 güne kadar uzar.

Bir Güneş döngüsünün başlangıç evresinde Güneş'in yüzeyi görece sakindir, leke sayısı düşüktür ve patlamalar seyrek görülür. Ancak yıllar geçtikçe manyetik alanlar karmaşıklaşır, Güneş lekeleri artar, Güneş rüzgârları sıklaşır ve Güneş giderek daha etkin hâle gelir. Döngü sırasında etkinliğin zirveye ulaştığı evre Güneş maksimumu olarak isimlendirilir.

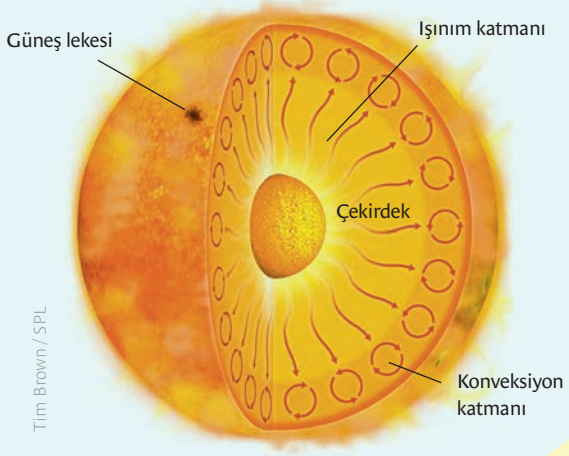
Manyetik alanın oluşabilmesi için elektrik akımı olması gerekir. Güneş çok sıcak olduğu için plazma hâlindeki maddeden yani elektronları ve atom çekirdekleri ayrışmış atomlardan oluşur. Elektronlar ve atom çekirdekleri elektrik yüklü olduğundan plazma hâlindeki maddenin hareketi bir manyetik alan oluşturur. Güneş'in farklı bölgelerinin farklı hızlarda dönmesi ve enerji taşınımı sırasında gerçekleşen konveksiyon hareketinden dolayı Güneş'in iç ve dış bölgeleri son derece dinamiktir. İşte bu durum Güneş'in yüzeyinde farklı manyetik bölgelerin oluşmasına neden olur. Ancak Güneş'in manyetik alanı bir mıknatısınki gibi düzgün değildir. Yüzeyinin birçok yerinde manyetik bölgelerinin oluştuğu karmakarışık bir yapıya sahiptir.



Bu görselde, 12 Mart 2016'da NASA'nın Solar Dynamics Observatory uydusu tarafından morötesi ışıkta kaydedilen Güneş görüntüsü üzerine eklenen manyetik alan çizgileri görülüyor.

Güneş Nasıl Çalışır?

Güneş, yaklaşık 1,4 milyon kilometre çapında, çoğunlukla hidrojen ve helyumdan oluşan bir yıldızdır. Yıldızlar enerji yayan, çok sıcak gaz küreleridir. Bu enerjinin kaynağı, yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer füzyon yani atom çekirdeklerinin kaynaşmasıdır. Çoğu yıldızda olduğu gibi Güneş'in enerjisi de hidrojen çekirdeklerinin 15 milyon santigrat dereceyi bulan sıcaklık ve çok yüksek basınç altında birleşerek helyum atomu çekirdeklerine dönüşmesi sonucu açığa çıkar. Füzyon tepkimesi sonucunda oluşan ürünlerin kütlesi tepkimeye giren maddelerin kütlesinden düşüktür. Bu kütle farkı doğrudan enerjiye dönüşür. (Bu kütle farkının ne kadar enerjiye dönüşeceği Einstein'ın ünlü $E=mc^2$ formülüyle hesaplanabilir. E enerjiyi, m kütle farkını, c ise ışık hızını simgeler.)



Güneş'te her saniye yaklaşık 4 milyon ton kütle enerjiye dönüşür. Bu olağanüstü süreç sayesinde Güneş, milyarlarca yıldır kararlı bir şekilde enerji yayan bir kaynaktır. Şu anda Güneş yaklaşık 4,6 milyar yaşındadır ve ömrünün ortalarındadır.

Füzyon tepkimesi Güneş'in çekirdek adı verilen en içteki katmanında gerçekleşir. Kütle farkı enerjiye dönüşür ve füzyon tepkimesinin ürünleri olan helyum çekirdekleri, yüksek enerjili fotonlar (gama ışınları) ve nötrinolara aktarılır. Çekirdeğin dışında bulunan ışınım katmanında enerji, fotonlar aracılığıyla taşınır. Ancak bu katman çok yoğundur ve fotonlar doğrudan yüzeye ulaşmaz, sürekli etraftaki diğer atom çekirdekleriyle ve elektronlarla çarpışarak yön değiştirirler.

Işınım katmanının dışında konveksiyon bölgesi bulunur. Enerji, bu katmanda sıcak gazların yukarı, soğuyanların aşağı hareket etmesiyle taşınır. Tıpkı kaynayan bir çorba gibi. Bu katman, enerjinin Güneş'in ışık küre olarak adlandırılan yüzeyine kadar ulaşmasını sağlar. Yüzeye ulaşan plazma soğuyup tekrar derinlere doğru hareket ederken Güneş'in yüzeyinde görülen "kaynama" benzeri desenlerin oluşmasına neden olur. Çekirdekte ortaya çıkan enerjinin bu katmana ulaşması on binlerce yıl sürer.

Güneş'in görülebilir katmanı olan ışık kürenin sıcaklığı yaklaşık 5.500 °C'dir. Gözle görülebilen ışığın büyük kısmı burada oluşur. Bu katmanın üzerinde yer alan renk küre ve taç (korona) katmanı ise Güneş'in atmosferini oluşturur. Bu katmanların yoğunluğu düşüktür ancak Güneş'in yüzeyine göre çok daha sıcaktırlar. Öyle ki taç katmanının sıcaklığı milyonlarca dereceyi bulur.

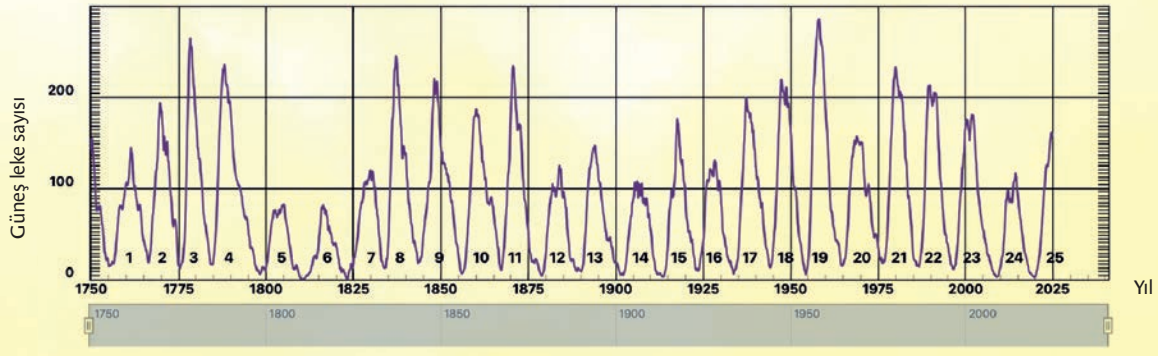
Güneş'te zaman zaman gözlemlenen Güneş patlamaları, koronal madde atımları ve Güneş rüzgârı gibi olaylar Güneş aktiviteleri olarak isimlendirilir. Işık kürenin altındaki katmanlarda gerçekleşen süreçler nedeniyle ortaya çıkan bu olaylar, renk küre ve taç katmanlarında oluşur. Renk küre özel filtreler yardımıyla yeryüzünden görülebilir. Taç katmanıysa tam Güneş tutulmaları sırasında çıplak gözle görünür hâle gelir.

Güneş Lekeleri

Güneş'in yüzeyinde yani ışık kürede oluşan Güneş lekeleri çevresine göre daha soğuktur, bu nedenle bir güneş filtresiyle gözlemlendiklerinde ya da fotoğraflarda daha koyu görünürler. Güneş'in yüzey sıcaklığı ortalama 5.500 santigrat dereceyken, lekelerin olduğu bölgelerde sıcaklık yaklaşık 3.800 santigrat dereceye kadar düşer.

Lekeler, Güneş'in yüzeyinde ortaya çıkan güçlü manyetik bölgelerin plazmanın hareketini yavaşlatması sonucu oluşur. Böylece yüzeydeki enerji akışı kesintiye uğrar ve bu bölgeler soğur. 11 yıllık Güneş döngüsü sırasında lekeler belirli desenler hâlinde ortaya çıkar, sayıları artar ya da azalır.

Güneş'in ekvatorunun kutuplardan daha hızlı dönmesi manyetik alanı bükülmesine neden olur. Bu gerilim arttıkça, manyetik alan çizgileri yoğunlaşarak manyetik akı tüpü olarak isimlendirilen yapıları oluşturur. Manyetik akı tüpleri Güneş'in yüzeyine iki noktadan çıkar. Bu bölgelerde plazma hareketleri yavaşlayarak çiftler hâlindeki Güneş lekelerini oluşturur. Güneş lekeleri bu yönüyle, Güneş'in manyetik etkinliğini doğrudan gözlemleyebileceğimiz en görünür işaretlerdir.



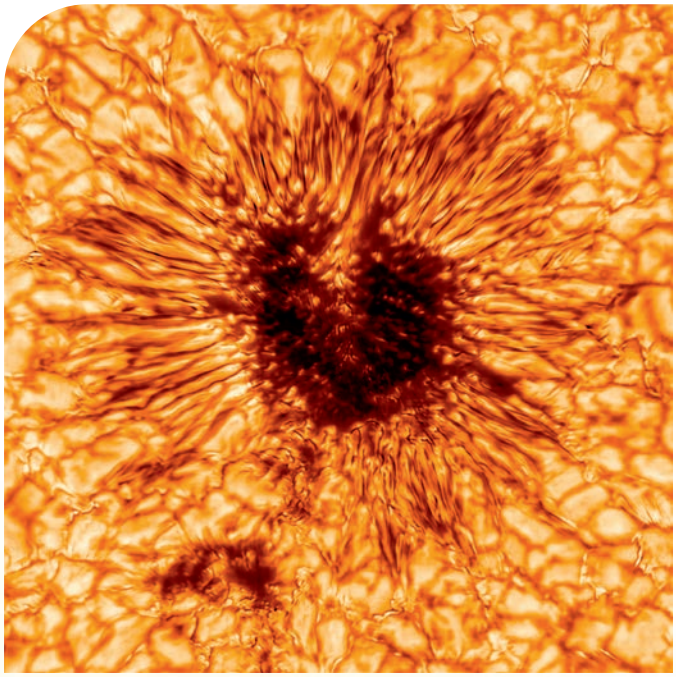
Güneş döngülerinin numaralandırılmaya ve leke sayılarının kayda geçirilmeye başlandığı 1755 yılından bu yana gözlemlenen Güneş lekelerinin sayısındaki değişim.

Güneş lekelerinin sistemli bir şekilde gözlemlenmesine yönelik çalışmalar 1848'de İsviçreli astronom Rudolf Wolf tarafından başlatıldı. Wolf, geçmiş kayıtlardan yararlanarak 11 yıllık döngüleri tanımladı ve her birine numara verdi. İlk döngü olarak 1755'te başlayan dönem kabul edildi.

Bilim insanları, Güneş'in etkinliğini ölçmek için "Wolf sayısı" adı verilen bir indeks kullanır. Bu, bir Güneş döngüsü sırasında gözlemlenen leke sayısı ve leke grupları dikkate alınarak hesaplanır. Wolf sayısının yüksek olması, Güneş'in en etkin evresine yaklaştığını gösterirken düşük olması ise görece sakin döneminde olduğu anlamına gelir.

Güneş lekelerine ilişkin sistemli gözlemler 17. yüzyılda başlamıştır. Galileo Galilei, teleskobuyla Güneş'in yüzeyindeki lekeleri gözlemlemiş ve kaydetmiş; bunun sonucunda da Güneş'in kendi ekseni etrafında döndüğünü keşfetmiştir. Tarihsel gözlemlerin en ilginçlerinden biri, Güneş lekelerinin neredeyse hiç görülmediği 1645–1715 yılları arasındaki uzun dönemdir. O dönemlerde yapılan gözlemleri inceleyen İngiliz gök bilimci Edward Walter Maunder, 1890'lardaki araştırmaları sonucunda Güneş lekelerinin görülmediği dönemin Avrupa'da yaşanan sert kışlarla aynı zamana denk geldiğini fark etti. Günümüzde onun adıyla anılan bu dönem, "Maunder Minimumu" olarak isimlendiriliyor. Bu çalışma, Güneş etkinliğinin Dünya'nın iklimine olan etkisini ortaya koyan en önemli gözlemlerden birisidir.

Günümüzde Güneş lekeleri yalnızca gök bilimcilerin ilgi duyduğu bir olgu değil, aynı zamanda bir uyarı sistemidir. Çünkü lekelerin sayısı arttığında, Güneş patlamaları ve koronal kütle atımları gibi yüksek enerjili Güneş etkinliklerinin sıklığının artma olasılığı da yükselir. Özellikle büyük ve karmaşık yapıdaki lekelerden oluşan gruplar, güçlü patlamaların habercisi olabilir.

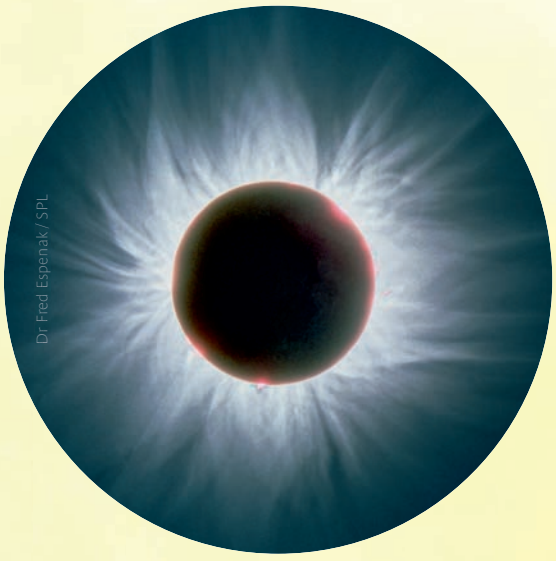


NSO/AURA/NSF

28 Ocak 2020'de Inouye Güneş Teleskobu tarafından alınan bu görüntü, bir Güneş lekesinin yüzey yapısını ayrıntılı olarak gösteriyor.

Güneş Patlamaları

Güneş'in taç küre adı verilen en dıştaki katmanından uzaya sürekli bir madde akışı olur. Çoğunlukla elektronlar ve protonlardan oluşan bu madde, Güneş'in güçlü ışınımından kaynaklanan basıncın etkisiyle Güneş'ten öteye itilir. Bu madde hareketine Güneş rüzgârı adı verilir.

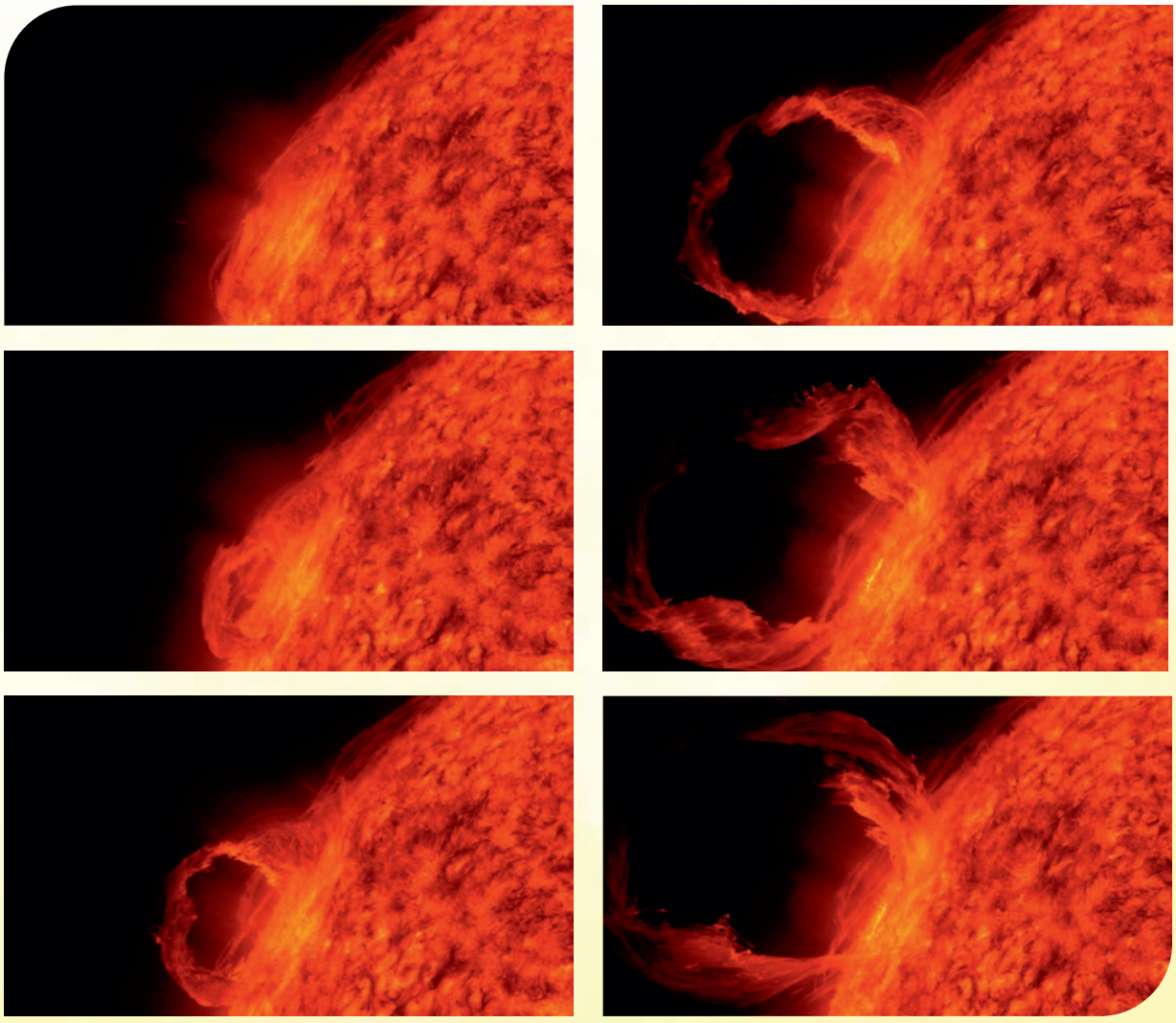


Dr Fred Espenak/SPL

11 Ağustos 1999'da gerçekleşen tam Güneş tutulması sırasında çekilen fotoğrafta, Güneş'in normalde çıplak gözle görülmeyen taç katmanı görünüyor.

Güneş patlamalarıysa Güneş'in atmosferinde gerçekleşen enerji boşalımlarının sonucunda oluşur. Güneş patlamaları sonucunda düşük enerjili radyo dalgalarından çok yüksek enerjili gama ışınlarına, farklı dalga boylarında ışınım yayılır. Patlamalar genellikle Güneş lekelerinin olduğu bölgelerde gerçekleşir.

Güneş patlamaları, Güneş'in atmosferinin renk küre adı verilen katmanında görülür. Güneş yüzeyinde manyetik alan çizgileri kıvrılır, karışır ve dolanır. Bunun sonucunda manyetik gerilim artar, kritik bir noktaya ulaştığındaysa manyetik alanlar ani bir şekilde yeniden düzenlenir. Bu sürece manyetik yeniden bağlantı adı verilir. Yeniden bağlantı, Güneş'in atmosferindeki manyetik alanda depolanan enerjinin aniden boşalmasına neden olur. Bu sırada, başta elektronlar olmak üzere yüklü parçacıklar çok yüksek hızlara, neredeyse ışık hızına ulaşır. Bu yüksek enerjili parçacıklar, Güneş'in atmosferindeki plazmayı oluşturan parçacıklarla etkileşime girerek ışınım yayar. Patlamalar sırasında Güneş'in atmosferindeki bazı bölgelerde plazmanın sıcaklığı 10 milyon santigrat derecenin üzerine çıkabilir. Yayılan ışınım çok farklı enerji düzeylerine (radyo dalgaları, mikrodalga, görünür ışık, morötesi ışınlar, X ışınları ve gama ışınları) sahip olabilir. Güneş patlamaları bazen koronal kütle atımı olarak bilinen daha büyük ölçekli madde atımlarıyla birlikte gerçekleşir. Koronal kütle atımı sırasında milyarlarca ton plazma uzaya savrulabilir.



30 Mart 2010'da Solar Dynamics Observatory uydusu tarafından kaydedilen bu ardışık görsellerde bir Güneş patlamasının aşamaları görülüyor.

Geçmişin İzleri

Tarihte kaydedilen bazı büyük Güneş fırtınaları, yalnızca gökyüzünde olağanüstü güzellikte kutup ışıkları gösterilerine yol açmadı, aynı zamanda Dünya üzerindeki teknolojik sistemlerde önemli aksamalara sebep oldu.

En etkili patlamalardan biri, 1859'da gerçekleşen Carrington Olayı'dır. İngiliz astronom Richard Carrington, teleskobuyla Güneş'i gözlemlerken bir parlama gördü. Bu, tarihte doğrudan gözlemlenen ilk Güneş patlamasıydı. Yalnızca birkaç saat sonra telgraf sistemleri dünya genelinde bozuldu; öyle ki bazı operatörler tellerden kıvılcımlar çıktığını bildirdi. O gece kutup ışıkları Karayipler ve Roma gibi kutuplardan çok uzak yerlerde bile gözlemlendi. Olayın neden olduğu aksamalar büyük ölçüde telgraf şebekesiyle sınırlı kaldı. Çünkü 19. yüzyıl teknolojisi bugünkü kadar gelişmiş değildi.

13 Mart 1989'da Kanada'nın Quebec bölgesini etkileyen güçlü bir jeomanyetik fırtına (Güneş rüzgârlarının Dünya'nın manyetik kalkanında neden olduğu değişimler) altı milyon insanı etkileyen ve dokuz saat süren bir elektrik kesintisine yol açtı. Aynı olay sırasında bazı askeri uydular arızalandı. Bu olay, modern elektronik sistemlerin Güneş kaynaklı olaylar karşısında ne kadar hassas olduğunu gözler önüne serdi.

2003 yılındaki "Cadılar Bayramı Fırtınası", yakın dönemin en etkili Güneş kaynaklı olaylarından biri olarak kayda geçti. Art arda meydana gelen Güneş patlamaları sırasında bazı uydular zarar gördü, uçuş rotalarının yeniden planlanması gerekti.

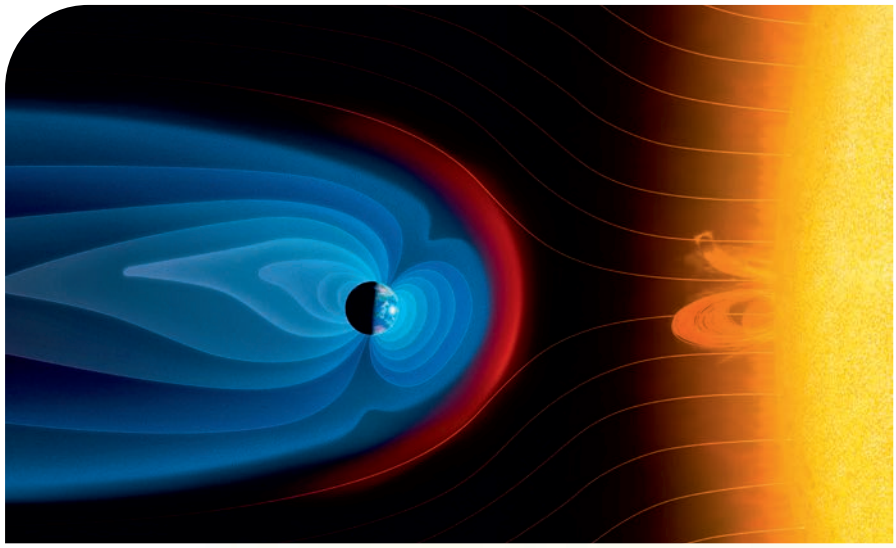
Bu ve benzeri olaylar, "uzay havası" olarak isimlendirilen bir araştırma alanının ortaya çıkmasına neden oldu. Bu alandaki araştırmaların odak noktası Güneş'te meydana gelen patlamaların, koronal kütle atımlarının ve Güneş rüzgârlarının Dünya'nın manyetik alanı ve atmosferin iyonosfer katmanı üzerindeki etkilerini anlamak. Amaç, bu olayların yol açabileceği uydu arızaları, iletişim kesintileri, navigasyon sistemlerinde hatalar ve elektrik şebekelerinde arıza gibi olumsuz etkileri öngörerek erken uyarı sistemleri geliştirmek. Özellikle iklim değişikliği, uzay araştırmaları ve insanlı uzay görevleri gibi konulardaki güncel gelişmeler, bu alandaki çalışmaları daha da önemli hâle getiriyor.

Bu nedenle bilim insanları uzay hava durumunu anlık olarak izlemek için onlarca yıldır Güneş ve Dünya çevresine yerleştirilen uydulardan faydalanıyor. NASA'nın SOHO, SDO, Parker Güneş Sondası görevleri ile Güneş'le ilgili gözlemler yapılırken Dünya'nın yörüngesinde dolanan uydular yeryüzünün manyetik alanındaki değişimleri ölçüyor. Elde edilen veriler, tıpkı günlük hava tahminleri gibi analiz edilerek uzay hava durumuyla ilgili uyarı bültenleri hazırlanıyor.

Bugün uzay hava durumu yalnızca gök bilimcilerin değil; havacılık uzmanları, enerji mühendisleri ve hatta yazılım geliştiricilerin de gündeminde. Çünkü günümüzde uydular, internet altyapısı, bankacılık sistemleri gibi kullandığımız pek çok teknolojik ürün bir şekilde Güneş kaynaklı olaylardan etkileniyor.

Dünya'nın Görünmez Kalkanı

Dünya, uzayın zorlu koşullarına karşı savunmasız değildir. Güneş'teki manyetik etkinlikler sonucu yayılan yüksek enerjili parçacıklar, gezegenimizin manyetik alanı sayesinde büyük ölçüde saptırılır. Dünya'nın manyetik alanı, Güneş'ten ve yıldızlararası ortamdan gelen parçacıkların doğrudan atmosfere girmesini engeller. Güneş'ten gelen proton ve elektron gibi yüklü parçacıkları yakalayarak bu parçacıkları gezegenin çevresindeki belirli bölgelerde hapseder. Bu bölgeler, Van Allen kuşakları olarak adlandırılır. 1958 yılında ABD'li fizikçi James Van Allen tarafından keşfedilen bu kuşaklar, Dünya'nın çevresini saran iç içe geçmiş görünmez halkalar şeklindedir. Dünya'nın manyetik alan çizgileri boyunca sıkışan yüklü parçacıklar, bu bölgelerde hapsolur.



Mark Garlic / SPL

Bu temsili çizim Güneş rüzgârının (kırmızı) Dünya'nın manyetik alanıyla (mavi) etkileşimini gösteriyor.

Güneş'i Yakından İzlemek

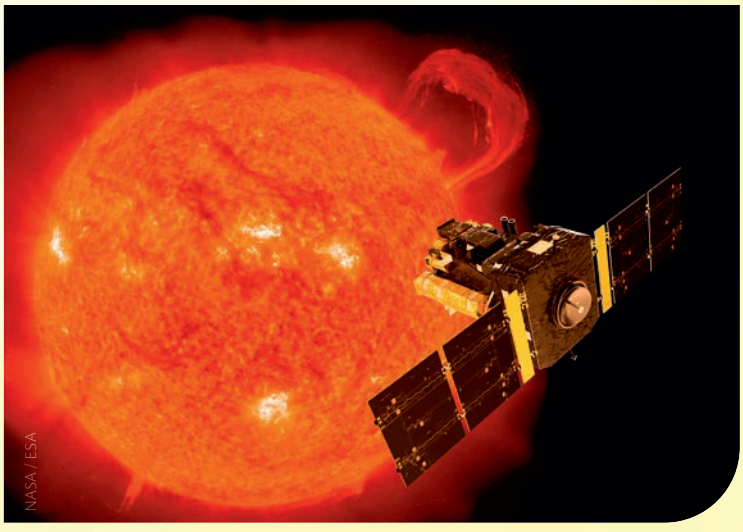
Güneş'i gözlemlemek için hem yeryüzündeki teleskoplar hem de uzaya gönderilen araçlar kullanılıyor. Bu uzay araçları, Güneş'in yüzeyindeki ve atmosferindeki olayları farklı dalga boylarında izleyerek bilim insanlarına sürekli veri sağlıyor. Bu sayede Güneş lekeleri, Güneş patlamaları, Güneş'in manyetik alanındaki değişimler ayrıntılı olarak incelenebiliyor.

Van Allen kuşakları yeryüzü için manyetik bir kalkan görevi görse de içerdikleri yüksek enerjili parçacıklar bu bölgeden geçen yapay uydular ve astronotlar için tehdit oluşturur. Uzay araçları bu kuşaklardan geçerken yüksek enerjili ışınıma maruz kalabilir. Bu nedenle Apollo görevleri, astronotların bu bölgelerden mümkün olan en kısa sürede geçmelerini sağlayacak şekilde planlanmıştı. Günümüzde uydular da bu kuşaklardaki ışınımaya dayanıklı şekilde tasarlanır ve yörüngeleri buna göre planlanır.

Özellikle Güneş'teki büyük patlamalar sırasında bu kuşaklarda biriken parçacık miktarı artar. Bu da uydularda arızalara, iletişimde kesintilere ve bazı elektronik sistemlerde bozulmalara neden olabilir. Güneş etkinliğinin yüksek olduğu dönemlerde kuşaklarda biriken yüksek enerjili parçacıklar manyetik alan çizgileri boyunca hareket ederek kutup bölgelerine yönelir ve Dünya atmosferiyle etkileşime girer. Bu da atmosferdeki gazların ışık yaymasına ve kutup ışıklarının oluşmasına yol açar.

NASA'nın 2012–2019 yılları arasında görev yapan Van Allen uyduları, Güneş'in etkinliğine göre yapısal özellikleri değişen Van Allen kuşaklarının dinamik doğasını daha iyi anlamamıza yardımcı oldu. Elde edilen veriler, gelecekteki görevlerin daha güvenli planlanmasına katkı sağlıyor.

1995'te fırlatılan SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) uydusunun Güneş araştırmalarının öncüsü olduğu söylenebilir. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve NASA ortaklığıyla geliştirilen bu uydu Güneş'in taç katmanı, Güneş rüzgârları ve Güneş'teki manyetik olaylarla ilgili Dünya'ya 1,5 milyon kilometre uzaktan veri göndermeye devam ediyor. 2010'da göreve başlayan SDO (Solar Dynamics Observatory) ise Güneş'in yüksek çözünürlüklü görüntülerini gerçek zamanlı olarak Dünya'ya ileterek Güneş fiziği araştırmalarında önemli ilerlemeler sağladı. Bugüne kadar Güneş'e en çok yaklaşan araç 2018'de



NASA / ESA

ESA ve NASA ortaklığıyla geliştirilen SOHO uydusu, 1996 yılından bu yana Güneş'i sürekli bir şekilde izleyerek iç yapısı ve atmosferiyle ilgili veri topluyor.

fırlatılan Parker Güneş Sondası oldu. Güneş'in 6,1 milyon kilometre yakınından geçerek Güneş'e en çok yaklaşabilmiş insan yapımı nesne olan bu araç, pek çok kez Güneş'in taç katmanına kadar yaklaştı. Görevi hâlen süren araç Güneş döngüsünü yönlendiren süreçlerin anlaşılmasına büyük katkı sağlıyor.

ESA'nın 2020'de başlattığı Solar Orbiter görevi ise Güneş'in kutup bölgelerini gözlemleyebilen ilk görevlerden biri. Bu bölgeler, Güneş döngülerinin başladığı ve manyetik kutupların yer değiştirerek manyetik alanın yeniden yapılandığı alanlar olduğundan, Solar Orbiter'ın yaptığı gözlemler Güneş döngüsünün anlaşılması açısından büyük önem taşıyor.

Yer tabanlı Güneş gözlemleri de yoğun bir şekilde devam ediyor. Dünya'nın en büyük ve en güçlü Güneş teleskobu olan Daniel K. Inouye Güneş Teleskobu, Hawaii'deki Haleakalā Dağı'nda kuruludur. Bu teleskop, Güneş'in yüzeyindeki manyetik bölgeleri ve plazma hareketlerini, birkaç yüz kilometre çözünürlükteki detayları ayırt edebilecek şekilde inceleyebiliyor. Bu sayede Güneş'teki en küçük yapılar bile doğrudan gözlemlenebiliyor.

Güneş'in iç yapısı, yüzey hareketleri ve iç titreşimleri (Güneş sismolojisi), bu alanda çalışan bilim insanlarının temel araştırma konularını oluşturuyor. Bu veriler, gelecekteki Güneş döngülerinin nasıl gelişeceği, maksimum ve minimum evrelerin zamanlaması ve olası etkileri konusunda öngörülerde bulunmaya yardımcı oluyor. Ancak Güneş'in karmaşık doğası nedeniyle bu tahminler her zaman tam isabetli olmayabiliyor. Nitekim şu anda devam eden 25. döngünün başlangıçta sakin geçeceği düşünülmesine karşın döngü bugüne kadar etkinliği yüksek bir seyir izledi.

Hawaii'deki Haleakalā Dağı'nda kurulu olan Daniel K. Inouye Güneş Teleskobu, görselin sol tarafında görülen gözlemevinde yer alıyor.

Güneş 11 Yıllık Döngüsünün Zirvesinde… Peki, 2025 Yazında Bizi Neler Bekliyor?

Güneş'in 25. döngüsünün en etkin noktasına Temmuz 2025'te ulaşacağı öngörülüyordu. Ancak bu etkinlik azalmaya başlamadan maksimum evrenin tam olarak ne zaman gerçekleştiğini bilmek mümkün değil. Bilim insanları şimdiden etkinliğin azalmaya başladığını ancak ikinci bir artışın mümkün olduğunu belirtiyorlar. Her durumda bu yaz Güneş son yılların en etkin durumunda olacak.

Güneş'in bu döneminin en dikkat çekici etkilerinden biri kutup ışıklarındaki artış. Kutup ışıkları genellikle kutup dairelerine yakın yüksek enlemlerde oluşur. Ancak geçtiğimiz yıldan bu yana Türkiye'nin kuzeyini de kapsayan orta enlemlerde de gözlemleniyor. 2025 yılının geri kalanında da Türkiye'nin kuzey kıyılarında veya Avrupa'nın orta enlemlerinde kutup ışıkları görülebilir.

Güneş patlamaları nedeniyle oluşan kutup ışıkları gökyüzünde güzel manzaralar oluştururken bir yandan da bazı teknolojik sistemlerde sorunlara yol açabilir. Güneş'ten gelen yüksek enerjili parçacıklar GPS sinyallerinde sapmalara, iletişimde kesintilere ve uyduların elektronik sistemlerinde arızalara neden olabilir. Özellikle kutup rotalarını kullanan uzun menzilli uçuşlarda, yüksek enerjili ışınımdaki artış nedeniyle bazı rotaların

yeniden planlanması gerekebilir. Elektrik iletim sistemleri ve büyük ölçekli enerji altyapıları da Güneş patlamalarından etkilenebilir. Ancak enerji sağlayıcı kurumlar bu tür olaylara karşı önlemler geliştirir.

Bu tür etkiler genellikle insan sağlığına zarar vermez çünkü Dünya'nın atmosferi ve manyetik alanı, insan sağlığı için zararlı yüksek enerjili ışınımı çok büyük ölçüde engeller. Bilim insanları yaz aylarında Güneş'in olumsuz etkilerinden korunmak için koruyucu giysiler giymek, öğle saatlerinde uzun süre Güneş ışınlarına maruz kalmaktan kaçınmak gibi temel önlemlerin yeterli olduğunu belirtiyor.

Sonuç olarak, 2025 yazı Güneş'in en hareketli dönemlerinden birine denk geliyor. Bu dönemde teknolojik sistemlerde geçici sorunlar yaşanabilir. Aynı zamanda doğa bize kutup ışıklarıyla gökyüzünde olağanüstü bir gösteri sunabilir. ■

den-belitsky / iStock

Kutup Işıkları Türkiye'den Görülür mü?

Kutup ışıkları (aurora olarak da adlandırılır) gökyüzündeki en büyüleyici doğa olaylarından biridir. Geceleri gökyüzünde dans ediyormuş gibi görünen yeşil, mor, kırmızı ve mavi ışıklar, Güneş'ten gelen yüklü parçacıkların Dünya'nın manyetik alanıyla etkileşime girerek atmosferdeki oksijen ve azot atomlarıyla çarpışması sonucu oluşur. Kuzey yarım kürede bu olay aurora borealis, güney yarım kürede ise aurora australis olarak adlandırılır.

Kutup ışıkları genellikle kutup bölgelerine yakın yerlerde görülür: Norveç, Kanada, Alaska, Sibirya gibi bölgeler bu olayın en çok gözlemlendiği yerlerdir. Ancak Güneş etkinliği maksimum düzeye ulaştığında, kutup ışıkları daha düşük enlemlere kadar yayılabilir. Geçmişte güçlü Güneş fırtınaları sırasında Akdeniz kıyılarında bile kutup ışıkları gözlemleri yapılmıştır.

Peki, Türkiye'den kutup ışıkları görmek mümkün mü? Normal koşullarda Türkiye, kutup ışıklarının oluştuğu enlemlerin çok güneyinde kalır. Ancak çok güçlü jeomanyetik fırtınalar sırasında, özellikle Karadeniz kıyılarında ve ışık kirliliğinden uzak yüksek noktalarda kutup ışıklarını kısa süreli gözlemlemek mümkün olabilir.

Geçmişte nadir de olsa böyle olaylar yaşandı. Örneğin, 20 Kasım 2003'teki Güneş etkinliğinin yüksek olduğu dönemde Türkiye'nin bazı bölgelerinden kutup ışıkları görüldü. 10 Mayıs 2024'te ise İstanbul, Bursa, Artvin ve Ardahan çevresinde kutup ışıkları kısa süreli ortaya çıktı.

Jeomanyetik fırtınalar önceden tahmin edilebilir. NASA, NOAA ve ESA gibi kurumlar uzay hava durumu tahminlerini düzenli olarak yayımlar. Özellikle Kp indeksi, kutup ışıklarının ne kadar güneyde görülebileceğini belirlemek açısından önemlidir. Kp indeksi 8 veya üzerindeyse kutup ışıklarının gözlemlenme olasılığı artar. Kutup ışıkları gözlemleri için kuzey ufku açık, yüksek bir konum, ışık kirliliğinden uzak bir gözlem yeri gerekir.

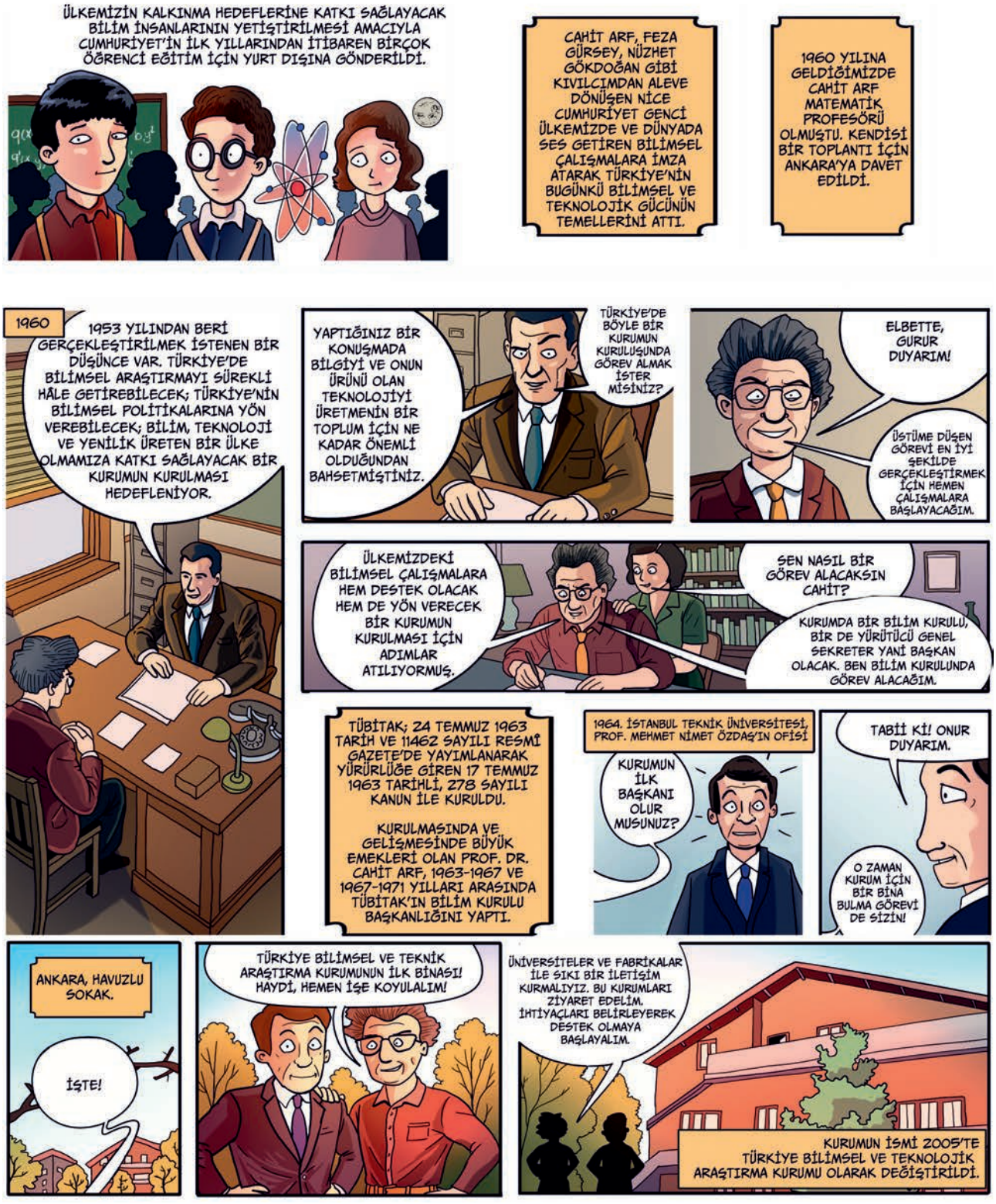
Kaynaklar

Boyle, R., The Great Eclipse, *Scientific American*, Mart 2024
https://soho.nascom.nasa.gov/
https://sdo.gsfc.nasa.gov
https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression
https://www.scientificamerican.com/article/heliophysics-is-set-to-shine-in-2025/
https://science.nasa.gov/science-research/heliophysics/nasa-noaa-sun-reaches-maximum-phase-in-11-year-solar-cycle/
https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/The_solar_cycle_a_heartbeat_of_stellar_energy
https://www.livescience.com/space/the-sun/a-mysterious-100-year-solar-cycle-may-have-just-restarted-and-it-could-mean-decades-of-dangerous-space-weather
https://www.popsci.com/science/sun-quiet/
https://www.science.org/content/article/peak-solar-activity-arriving-sooner-expected-reaching-levels-not-seen-20-years

Bilim Çizgi

Sinancan Kara [*btcizgiroman@tubitak.gov.tr*

TÜBİTAK'ın kuruluş öyküsü



TÜBİTAK BİLİM KURULU ÜYELERİ İLK YILLARDA FABRİKALARI TEKER TEKER GEZİP ÖNERİLER SUNDU. TAKİP EDEN YILLARDA FARKLI BİLİM ALANLARINDAKİ TEMEL VE UYGULAMALI ARAŞTIRMALARI DESTEKLEMEK, GENÇ ARAŞTIRMACILARI TEŞVİK ETMEK VE ÖZENDİRMEK İÇİN ARAŞTIRMA DESTEK PROGRAMLARI İLE BİLİM İNSANI DESTEKLEME BAŞKANLIKLARI OLUŞTURULDU. AKADEMİDE, KAMUDA VE SANAYİDE PEK ÇOK PROJE VE BİLİM İNSANI DESTEKLENDİ.

ANKARA'DAKİ ÜÇ KATLI BİR BİNADA BAŞLAYAN TÜBİTAK'IN HİKÂYESİ, 1972'DE GEBZE'DE KURULAN MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ (MAM) İLE DEVAM EDER. BUGÜN İSE KURUM 20'DEN FAZLA ENSTİTÜ VE ARAŞTIRMA MERKEZİ, ON BİNLERCE ULUSAL VE ULUSLARARASI PROJE, YÜZ BİNLERCE BİLİM İNSANI VE ÖĞRENCİYİ DESTEKLEYEN DEV BİR BİLİM VE TEKNOLOJİ EKOSİSTEMİNE DÖNÜŞMÜŞ DURUMDADIR.

PROF. DR. NÜZHET GÖKDOĞAN GİBİ DEĞERLİ GÖK BİLİMCİLERİN ÖNCÜLÜĞÜNDE ANTALYA, BAKIRLITEPE'DE KURULAN TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMEVİ'NİN (TUG) T40 VE RTT150 TELESKOPLARINDAN İLK IŞIKLAR 1997'DE VE 2001'DE ALINARAK BİLİMSEL GÖZLEMLER BAŞLAR.

TÜBİTAK MAM KUTUP ARAŞTIRMALARI ENSTİTÜSÜ YÜRÜTÜCÜLÜĞÜNDE, 2017'DE ULUSAL ANTARKTİKA VE 2019'DA ULUSAL ARKTİK BİLİM SEFERLERİ BAŞLAR.

TÜBİTAK, ÜLKEMİZDE BİLİM VE TEKNOLOJİ FARKINDALIĞINI ARTIRMAK İÇİN "BİLİM HERKES İÇİNDİR!" YAKLAŞIMIYLA BİLİM VE TOPLUM FAALİYETLERİNİN DE ÖNCÜLÜĞÜNÜ YAPAR.

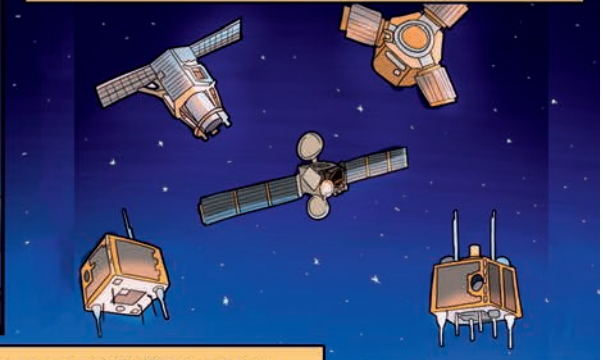
BİLİM VE TEKNİK DERGİSİNİN 1967'DE YAYIMLANMAYA BAŞLAMASIYLA BİRLİKTE GÖKYÜZÜ GÖZLEM ETKİNLİKLERİ, ALTERNATİF ENERJİLİ ARAÇ YARIŞLARI, BİLİM KAMPLARI, BULUŞ ŞENLİKLERİ VE BİLİM SÖYLEŞİLERİ DE HAYATA GEÇER. POPÜLER BİLİM KİTAPLARI, BİLİM ÇOCUK, MERAKLI MİNİK VE BİLİM GENÇ İLE POPÜLER BİLİM YAYINCILIĞI ALANINDAKİ BAŞARI DEVAM EDER.

Bilim ve Teknik

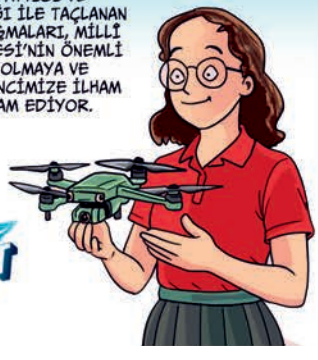
Bilim Çocuk · Meraklı Minik · Bilim Genç

2024'TE, TÜRKİYE'NİN İNSANLI İLK UZAY BİLİM MİSYONU KAPSAMINDA İLK TÜRK ASTRONOT ALPER GEZERAVCI, ULUSLARARASI UZAY İSTASYONU'NDA 13 FARKLI BİLİMSEL DENEY YAPAR. İKİNCİ ASTRONOTUMUZ TUVA CİHANGİR ATASEVER DE YÖRÜNGE ALTI UÇUŞU SIRASINDA 7 BİLİMSEL DENEY GERÇEKLEŞTİRİR.

TÜBİTAK UZAY TEKNOLOJİLERİ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ GELİŞTİRDİĞİ RASAT, GÖKTÜRK-2, İMECE, TÜRKSAT 6A UYDULARI İLE ÜLKEMİZİN UZAY TEKNOLOJİLERİ ALANINDAKİ LİDER KURULUŞLARINDAN BİRİ OLUR. YERLİ VE MİLLÎ OLARAK GELİŞTİRİLEN UYDULAR, HABERLEŞME SİSTEMLERİ, YILDIZ İZLER VE UÇUŞ BİLGİSAYARLARI GİBİ BİRÇOK ALT SİSTEM VE UYGULAMA PROJESİ GELİŞTİRİR.



İNSANSIZ HAVA ARACI, ELEKTRİKLİ ARAÇ, ROBOT VE DİKEY İNİŞLİ ROKET GİBİ TÜBİTAK'IN TEMELLERİNİ ATTIĞI VE TEKNOFEST KUŞAĞI İLE TAÇLANAN TEKNOLOJİ YARIŞMALARI, MİLLÎ TEKNOLOJİ HAMLESİ'NİN ÖNEMLİ BİR PARÇASI OLMAYA VE MİLYONLARCA GENCİMİZE İLHAM VERMEYE DEVAM EDİYOR.



TEKNOFEST

TÜRKİYE'NİN BİLİM VE TEKNOLOJİ ÜSSÜ OLAN TÜBİTAK, 62. KURULUŞ YIL DÖNÜMÜNÜ KUTLUYOR.

TÜBİTAK ÜNİVERSİTELERİMİZİN, KAMU KURUMLARIMIZIN VE SANAYİMİZİN AR-GE ÇALIŞMALARINI FONLAMAKTA; YENİLİKLERİ DESTEKLEMEKTE; ULUSAL ÖNCELİKLER DOĞRULTUSUNDA ARAŞTIRMA VE TEKNOLOJİ GELİŞTİRME FAALİYETLERİ YÜRÜTMEKTE; BİLİM İNSANLARININ YURT İÇİ VE YURT DIŞI AKADEMİK FAALİYETLERİNİ BURS VE ÖDÜLLER İLE DESTEKLEYEREK TEŞVİK ETMEKTE; ÜLKEMİZİN BİLİM VE TEKNOLOJİ POLİTİKALARINI BELİRLEMEKTE; TOPLUMUN HER KESİMİNDE BİLİM, TEKNOLOJİ VE YENİLİK FARKINDALIĞINI ARTIRMAKTADIR.

TÜBİTAK SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR GELECEK İÇİN BİLGİ, TEKNOLOJİ VE YENİLİK ALANLARINA YÖN VERMEK; PAYDAŞLARLA İŞ BİRLİĞİ İÇERİSİNDE BU ALANLARDA ÇALIŞMALAR YÜRÜTMEK VE EKOSİSTEMİ GÜÇLENDİRMEK MİSYONU İLE TÜRKİYE'NİN MİLLÎ TEKNOLOJİ HAMLESİ'NE LİDERLİK EDEN VE ÜLKEMİZİN REKABET GÜCÜNÜN ARTIRILMASINA KATKI SAĞLAYAN BİR KURUM OLMAYA DEVAM EDECEKTİR.

TÜBİTAK

Atomlardan Ürünlere... Malzemelerin İzinde Bir Bilim Yolculuğu

Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı ile biyouyumlu metal-organik kafes yapıların enerji ve biyomedikal uygulamaları üzerine...

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Enerji ve biyomedikal alanında başarılı çalışmalarıyla dikkat çeken Özyeğin Üniversitesi Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı, 2024 yılı TÜBİTAK Teşvik Ödülü'ne layık görüldü. Biyouyumlu metal-organik kafes (MOF) yapılar üzerine yaptığı uluslararası düzeydeki araştırmaları, kendisine bu ödülü getirdi. Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı ile yaptığımız söyleşide yalnızca akademik başarılarını değil aynı zamanda ilham verici hayat öyküsünü ve genç bilim meraklılarına yönelik önerilerini de dinledik.

Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı'nın kimya bilimine olan tutkusu çocukluğunda başlamış. Mutfakta karışımlar yapmayı, toprakla oynamayı, malzemeleri bir araya getirip kendi küçük deneylerini tasarlamayı çok seviyormuş. Hatta bir gün ilkokul öğretmeni, annesini çağırmış ve "Bu çocuk kimyager olacağım diyor, evde bir kimyacı mı var?" diye sormuş. Aslında yokmuş. Ama belli ki hocamız o zamanlar kararını çoktan vermiş. Bilimsel bir rol modeli olmaksızın yalnızca içsel bir merakla beslenen bu ilgi, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünü tercih etmesine neden olmuş. Her ne kadar çevresinden "kimya mühendisleri iş bulamıyor" gibi uyarılar alsa da kararından asla vazgeçmemiş. O yıllarda hem lisans eğitimine devam edip hem üniversitede yürütülen laboratuvar çalışmalarına katılması sayesinde akademisyen olma fikri de içinde iyice filizlenmiş. Bölümdeki hocalarından Prof. Dr. Sabriye Pişkin'in yanında öğrenci asistan olarak başladığı bu yolculuk ile gerçek anlamda bilim kültürüyle tanışmış. Laboratuvarda geçirilen saatler sayesinde araştırma ruhunu ve sorumluluk bilincini o yıllarda kazanmış. Lisans eğitiminin son yılında Erasmus bursuyla Almanya'daki TU Bergakademie Freiberg Teknik Üniversitesine gitmiş ve piroliz denilen oksijensiz yanma ile ilgili bitirme tezini orada yazmış.

"Ben Türkiye'nin Yetiştirdiği Bir Akademisyen Oldum"

Akademisyen olarak orada kalma teklifini ülkesine olan bağlılığı ve aile özlemi nedeniyle kabul etmemiş ve Türkiye'ye dönmüş. Döner dönmez Koç Üniversitesinde Hesaplamalı Bilimler ve Mühendislik Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlayan İlknur hocamızın yolu, aynı üniversitede Kimya ve Biyoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Seda Keskin Avcı ile kesişmiş ve kendisinin danışmanlığında başladığı yüksek lisans, onu ilk kez hesaplamalı bilimlerle tanıştırmış. İlknur Eruçar Fındıkçı, Seda hocamızın ilk yüksek lisans ve doktora öğrencisi olmasının kendisi için büyük bir gurur olduğunu söylüyor.

Daha önce deneysel çalışmalar yürüten biri olarak programlama ve atomik modelleme konularında zorlansa da kısa sürede bu alana adapte olmuş. Malzeme keşfinde atomik düzeyde simülasyonların etkisini fark ettikçe bu yöntemi araştırmalarının merkezine almış. Bu süreçte özellikle metal-organik kafes (MOF) malzemeler üzerine yoğunlaşmış.

Bu malzemeler, yüzey alanlarının büyük olması ve gözenek yapılarının ayarlanabilmesi sayesinde gaz karışımlarının ayrılması, ilaç salımı, enerji depolama gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabiliyor. Koç Üniversitesi Kimya ve Biyoloji Mühendisliği Bölümündeki doktora eğitimi sürecinde karbondioksit yakalama, hidrojen depolama, gaz ayırma gibi enerji temelli çalışmalara yoğunlaşsa da aynı zamanda biyomedikal alana duyduğu ilgisi de devam etmiş. Hesaplamalı modellemeler yoluyla MOF'ların ilaç molekülleriyle etkileşimlerini analiz etmiş, kontrollü salım mekanizmalarını incelemiş ve hedefe yönelik ilaç taşıyıcı sistemler üzerine yazdığı makaleler, alanında en çok atıf alan yayınlar arasına girmiş.

Doktora yaptığı sırada bir yandan bilimsel çalışmalarını sürdürürken diğer yandan da uluslararası sempozyumlara, toplantılara katılarak Amerika, Avrupa ve Asya'daki pek çok ülkede farklı

bilim insanlarıyla tanışmış ve yaptığı araştırmalarda bakış açısını zenginleştirmiş. Doktorasının son günlerinde Özyeğin Üniversitesi Mühendislik Temel Bilimleri Bölümünden öğretim üyeliği teklifi almış. Buradaki görevine başladıktan bir yıl sonra Cambridge Üniversitesine misafir araştırmacı olarak gitmiş ve Prof. Dr. Tom Bennett ile MOF yapılarını amorflaştırmaya (kristal yapıdan atomların düzensiz konumlandığı amorf yapıya yani camsı faza geçiş) yönelik çalışmalar yürütmüş. Bu iş birliği, MOF'ların camsı faza geçişlerinin hem deneysel hem de hesaplamalı yönlerinin anlaşılmasına katkı sağlamış. Çalışmalarının sonuçları *Chemical Science* ve *Nature Communications* gibi önemli akademik dergilerde yayımlanmış.

Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı, Cambridge Üniversitesinde geçirdiği dönemi kariyerinin dönüm noktalarından biri olarak nitelendiriyor. Türkiye'ye döndükten sonra TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında amorf MOF malzemeleri üzerinde, doğalgazın içindeki karbondioksit gibi gazların ayrılmasına yönelik araştırmalara yönelmiş. Bu kapsamda kendi deneysel araştırma laboratuvarını kurmuş, TÜBİTAK Teşvik Ödülü'nün getirdiği para ödülü ile laboratuvar altyapısını oluşturmuş, ekipmanların tasarımlarını kendisi yapmış ve araştırma alanını karbondioksit yakalama ve biyomedikal uygulamalar konularında yoğunlaştırarak hesaplamalı bilimler altyapısını deneysel çalışmalarla bütünleştirmeye başlamış. Bugün Özyeğin Üniversitesinde hem öğretim üyesi olarak çalışıyor hem de araştırma laboratuvarında kendi deneysel projelerini yürütüyor.

Biyouyumlu MOF'lar

Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı, şu an MOF'ların özellikle siklodekstrin gibi şeker türevli ve toksik olmayan organik ligandlarla (kompleks moleküllerde merkez atoma bağlı iyon ya da molekül) sentezlenmesine yönelik çalışmalar yürütüyor. Bu malzemeleri, üremik toksinleri yani vücuttan atılamayan, kan dolaşımında birikerek farklı organlara ulaşan organik bileşik kalıntılarını uzaklaştırmak için geliştirilen taşınabilir diyaliz sistemlerinde ve atmosfere salınan karbondioksitin azaltılması amacıyla tasarlanan karbondioksit yakalama modüllerinde kullanmayı amaçlıyor. Dedesini diyaliz tedavisi sürecinde kaybetmiş olması, bu alana karşı kişisel bir duyarlılık geliştirmesine neden olmuş. Bu zorlayıcı deneyim, onu yeni nesil ayırma teknolojilerine yönlendirmiş. Şu anda diyaliz cihazlarına entegre edilebilecek biyouyumlu,

gözenekli yapıda ve yüksek yüzey alanına sahip MOF türevlerinin geliştirilmesine odaklanmış durumda.

MOF'lar, amino asit ve peptit gibi biyolojik moleküllerle sentezlenebildikleri için biyomedikal uygulamalar açısından büyük bir potansiyele sahip. Örneğin iki ilacın aynı anda kontrollü şekilde hastaya verilmesi gereken durumlarda MOF'lar, bu ilaçları aynı anda depolayabilir. İlaçların, farklı ligandlara sahip gözenekli yapıdaki taşıyıcı MOF'larla etkileşimleri farklı olduğu için her biri farklı hızlarla salınabilir. Bu sayede birden fazla ilacın kontrollü biçimde vücuda verilmesi mümkün hâle gelebilir. Çoklu ilaç taşıma ve eşzamanlı ilaç salımı özellikleriyle MOF'lar, modern tıbbın önemli yardımcılarından biri olmaya aday. İlknur hocamız aynı zamanda şeker türevli ligandlara sahip MOF'ların sentezinde karşılaşılan, çözünürlük problemleri ve yapısal kararlılığın sağlanması gibi zorluklara çözüm arıyor. Çünkü bu ligandlar suda çözünürken organik çözücülerdeki çözünürlüklerinin düşük olması, kullanımları açısından bazı zorluklar oluşturuyor. Bu nedenle ligandların kimyasal yapısında bulunan hidroksil gruplarını organik çözücülerde çözünmelerini sağlayacak başka kimyasal gruplarla değiştirerek bu yapıları hidrofobik (suyu iten) hâle getirmek ve malzemenin uygulama alanlarını artırmak üzerine deneysel çalışmalarını sürdürüyor.

Ayrıca laboratuvarında karbon tutma modülü de geliştiriliyor. Bu sistem tamamen yerli üretimle tasarlanıyor ve MOF malzemeleriyle entegre çalışacak şekilde geliştiriliyor. Hem biyomedikal hem de enerji uygulamalarına dönük bu çok yönlü yaklaşım, akademik üretimin toplumsal faydaya dönüşmesi açısından dikkat çekici bir örnek sunuyor.

Özellikle kanser ilaçlarının kontrollü salımı gibi biyomedikal uygulamalarda MOF'ların ilaçla etkileşim mekanizmaları ve salım kinetikleri yani ilaçların ne

hızda bırakıldığı üzerine yürüttüğü çalışmalar bu alana önemli katkılar sunuyor. Aynı zamanda genellikle kristal yapıda olan MOF'ların camsı (amorf) fazlarının da sentezlenmesi ve bu yapıların karakterizasyonu yani özelliklerinin analiz edilmesi gibi henüz yeterince araştırılmamış konularda da öncü çalışmalar yürütüyor.

Kendisi aynı zamanda Avrupa Birliği destekli "EU4MOFs" projesinin yürütücülerinden biri. Farklı ülkelerden bilim insanlarıyla fikir alışverişi yapmasına imkân sağlayan proje, MOF teknolojilerinin ilerlemesi için büyük bir katkı sağlamış.

Tüm bu araştırmaların merkezinde MOF'ların esneklik ve çok yönlülük özellikleri yer alıyor. Organik ligandların ve metal tuzlarının tepkimeye girmesi ile sentezlenen bu malzemeler, gözenekli yapıları sayesinde çok farklı uygulama alanlarında kullanılabiliyor. Yüzey alanları çok yüksek olduğundan yapılarında çok miktarda gaz veya ilaç molekülü depolayabiliyorlar. Bu özellikleri sayesinde pek çok gazı ayırmakta (örneğin doğal gazdan ve baca gazından karbondioksidin uzaklaştırılması), ilaçları vücut içinde istenilen hedeflere taşımakta ve karbon yakalama gibi enerji alanındaki sorunlara yönelik yeni nesil çözümlerde kullanılmakta. Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı için bu malzemeleri hem hesaplamalı hem de deneysel olarak çalışmak, onların gerçek hayata uyarlanabilirliğini test etmek büyük bir heyecan.

Kurduğu araştırma grubunda her öğrenci bir projeye dâhil. Kimisi karbon yakalama üzerine çalışıyor kimisi sanayiyle iş birliği içinde polimer modellemeleri yapıyor. Bu sistem hem eğitim hem de üretim açısından öğrencilere çok yönlü bir gelişim imkânı sağlıyor. Doç. Dr. Fındıkçı öğrencileri için "Onlar olmasa bu projeleri yürütmek mümkün değil." diyor.

Enerjide de Öne Çıkıyorlar

MOF'lar, günümüzde elektrikli araçlardan taşınabilir elektronik cihazlara kadar birçok ürünün kritik bileşeni olan pil teknolojilerinde özellikle anot malzemesi olarak kullanılma potansiyelleri nedeniyle de araştırmaların odağında. Geniş yüzey alanları sayesinde enerji depolama kapasiteleri açısından dikkat çekiyor. Henüz bu alandaki araştırmalar

başlangıç aşamasında olsa da MOF'ların enerji teknolojilerinde de gelecekte önemli rol oynaması bekleniyor.

Özellikle iklim değişikliğiyle mücadelede karbondioksit yakalama teknolojileri kritik bir öneme sahip. MOF'lar, fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan baca gazlarından ya da doğal gaz kaynaklarından karbondioksidi seçici olarak ayırma potansiyeline sahip. Bu alanda sanayide kullanılacak MOF bazlı sistemler üzerine çok sayıda çalışma yürütülüyor.

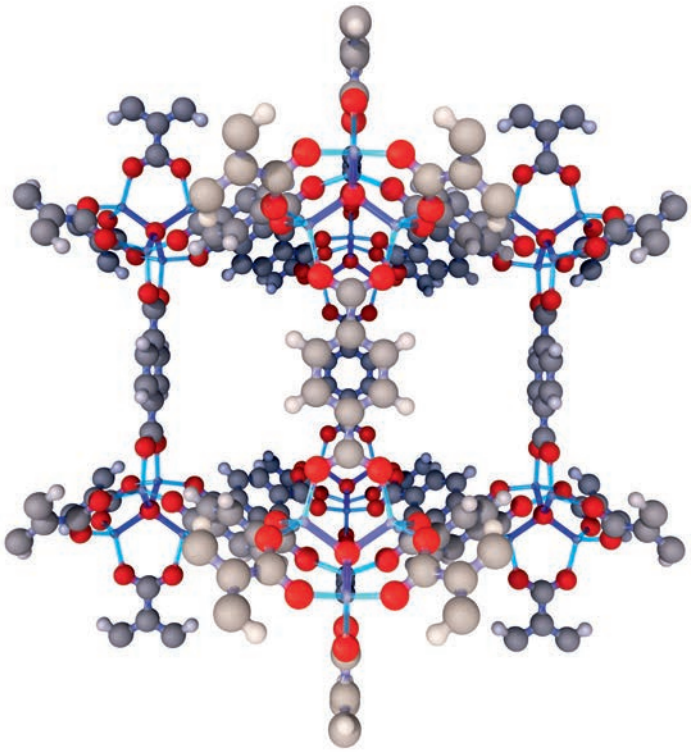
Bir diğer heyecan verici alan ise hidrojen depolama. Hidrojen, geleceğin temiz enerji taşıyıcısı olarak görülüyor. Ancak depolanması oldukça zor. MOF'lar gelişmiş gözenek yapıları sayesinde hidrojen moleküllerini oda sıcaklığı ve basıncında bile yapılarında tutabiliyor. Bu da onları enerji maliyeti düşük hidrojen depolama sistemleri için cazip hâle getiriyor.

Bugün birçok girişimci şirket ve büyük sanayi firması MOF'lara yatırım yapıyor. Bu malzemeler, önümüzdeki yıllarda hem çevresel sorunların çözümünde hem de yeni teknolojilerin geliştirilmesinde kilit roller üstlenebilir.

"Olmuyorsa da Yazılmalı"

Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı'nın özellikle dikkat çektiği bir diğer önemli konu ise bilimde başarısızlığın yeri. Deneylerin olumsuz ya da beklenmedik sonuçlarının da yayımlanmasının büyük bir önem taşıdığını düşünüyor. Ona göre bilimde her önermenin başarıyla sonuçlandığını varsaymak, gerçekleri yansıtan bir yaklaşım değil. "Deney sonuçları tekrarlanamadı, denedik ama olmadı." gibi bildirimlerin, bilimsel sürecin şeffaflığı açısından çok değerli olduğuna inanıyor. Zira kimi zaman bir yöntemin işe yaramadığını ortaya koymak bile başlı başına yol gösterici bir katkı sunabiliyor.

Kendi araştırmalarında da bu tür zorluklarla karşılaştığını belirtiyor. Özellikle MOF'ların sentezleme sürecinde tekrarlanabilirlik, karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olmuş. Aynı koşullarda yapılan sentezlerin sonucunda farklı kristal yapıların elde edilmesi, bilimsel güvenilirlik açısından ciddi bir sorun teşkil ediyor. Bu nedenle şu sıralar bu sorunu ele alan ayrı bir yayın hazırladığını söylüyor. İlknur Hoca'ya göre bilimsel ilerleme sadece başarılı sonuçların değil, başarısızların da doğru şekilde yayımlanmasıyla mümkün olabilir.



Bilim Merakla Başlar: Gençlere Tavsiyeler

Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı ile gençler ve gençlere tavsiyeleriyle ilgili konuşmaya başladığımızda "Gençleri sevgiyle kucaklamak gerekiyor." diyerek başlıyor sözlerine. Nesiller arasındaki farkı net bir şekilde gözlemlediğini ama bunun bir sorun değil yalnızca farklı bir anlayışla yönetilmesi gereken bir

gerçek olduğunu vurguluyor. Günümüz gençleri, onun deyimiyle "daha esnek koşullarda ve daha açık bir iletişim ortamında" yetişiyor. Bu nedenle pozitif geri bildirim ve yapıcı bir yaklaşıma her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyduklarını düşünüyor.

Gençler için en büyük tavsiyesi ise net: "Kendinize bir rol model seçin ve merakınızı diri tutun." Sosyal medya çağında örnek alınacak insanlara ulaşmanın daha kolay hâle geldiğini söylüyor ama asıl önemli olanın içsel motivasyonu korumak olduğunun altını çiziyor. Ona göre bilimsel çalışmanın temelinde iki duygu var: umut ve merak. "Her şeyden önce bu duyguları kaybetmemek gerek." diyor.

Özellikle lise çağındaki öğrencilerin mutlaka bir üniversite laboratuvarını ziyaret etmesini öneriyor. Bir akademisyenin yanında zaman geçirmenin, bilimin nasıl üretildiğini ve bilim insanı olmanın doğasını anlamak açısından büyük fırsatlar sunduğunu düşünüyor. "Neyi seviyorum? Neye yeteneğim var?" gibi sorulara gerçek yanıtların ancak bu tür deneyimlerle bulunabileceğini düşünüyor.

Üniversite öğrencilerine de benzer bir çağrısı var: "Mutlaka bir araştırma projesine katılın. Özellikle yapay zekâ ve dijital kimya çağında girişimcilik ruhu ve merak duygusu her zamankinden daha değerli. Sentezleri artık robotlara yaptırmanın konuşulduğu bir dönemdeyiz." diyerek bu dönüşümde gençlerin aktif rol üstlenmesi gerektiğini hatırlatıyor. Araştırma gruplarına katılmak, farklı projelerde yer almak ve TÜBİTAK gibi kurumların sunduğu burs ve destek programlarından yararlanmak, onun gözünde bu yolculukta önemli birer kilometre taşı.

İlknur hocamız için bilim yalnızca sayılarla sınırlı değil. Sanatı da bilimsel üretimin bir parçası olarak görüyor. MOF'ların camsı yapısını, annesinin ilgilendiği ebru sanatına benzetiyor. Renklerin dağılması, yapının şekillenişi... Hepsi bilimdeki estetik boyuta işaret ediyor. Amatör olarak rölyef çalışmaları yapıyor: Eski Türk evlerinin maketlerini atık malzemelerle yeniden inşa ediyor. Sanat ve sporun gençlerin hayatında mutlaka yer alması gerektiğini düşünüyor. "Aktif yapmak zorunda değiller ama mutlaka bir yerinden tutmalılar." diyor. Çünkü bu alanlar, bilimin beslendiği duygusal ve zihinsel kaynakları oluşturuyor.

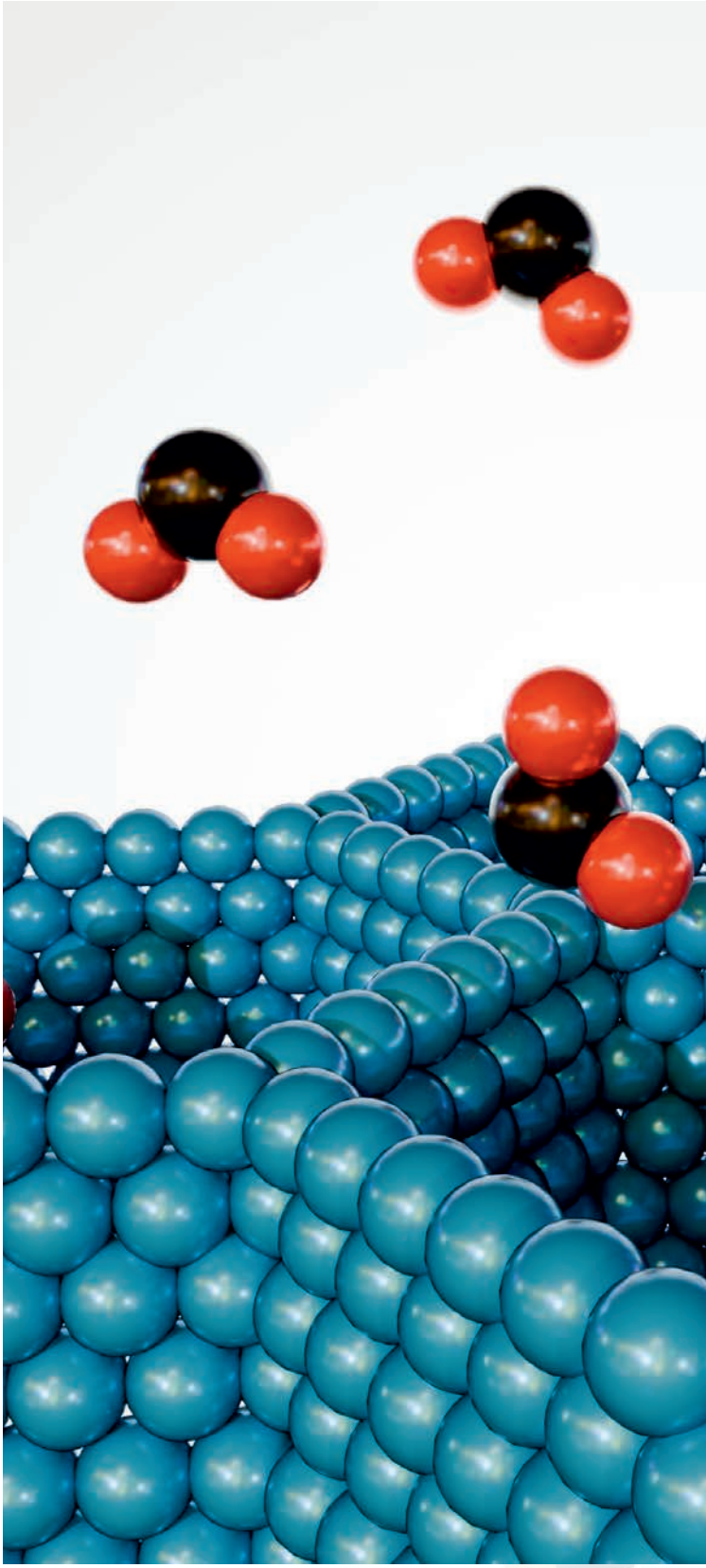
Bilim ve Teknik İçin Ne Dedi?

Küçüklüğünde ailesinin evine düzenli giren *Bilim ve Teknik* dergisi, bilimle kurduğu bağı pekiştirmiş. Şimdi bu geleneği kendi kızıyla sürdürüyor. *Meraklı Minik* ve *Bilim Çocuk* dergilerine abone. Bu yayınların yalnızca bilgi vermekle kalmayıp bilimin topluma ulaşmasında

bir köprü görevi gördüğünü vurguluyor. Ona göre fiyatlarının erişilebilir olması, içeriklerin güncel ve anlaşılır biçimde sunulması da bilim iletişiminin ne kadar özenli yapıldığını gösteriyor. *Bilim ve Teknik*'in onun kariyer seçiminde doğrudan belirleyici olup olmadığını sorduğumuzda "Belki doğrudan değil ama enerji ve malzeme gibi alanların önemini fark etmemi sağladı." cevabını veriyor. Derginin özellikle dünyadaki bilimsel gelişmeleri takip etmeye olanak tanıdığını ve bu sayede araştırma gündemini şekillendiren konulara yönelmesinde etkili olduğunu anlatıyor.

Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı'nın gelecek planları arasında yurt dışı iş birliklerini artırmak, disiplinler arası projelerde yer almak ve laboratuvarında daha fazla öğrenciyi desteklemek var. Ayrıca sentezledikleri malzemeleri endüstriyel ölçekte üretilebilir hâle getirmek için de çalışmalar yürütüyor. Ülkemizde de bu alanda önemli adımlar atıldığını, TÜBİTAK ve TÜBA gibi kurumların destekleriyle bilimsel altyapının güçlendiğini belirtiyor. En büyük hayali ise akademide yaptığı çalışmaları toplumsal fayda sağlayan ürünlere dönüştürmek. Kimi zaman bir hastaya umut kimi zaman çevreye katkı sunmak istiyor. Bu amaçla hem hesaplamalı hem de deneysel olarak çalışıyor. Laboratuvarında yürüttüğü projelerde, gelecekte ticarileşebilecek ürünlerin temellerini atıyor. Bu yaklaşımıyla bilimin sadece makalelerde kalmaması gerektiğini vurguluyor.

İlknur Eruçar Fındıkçı'nın hikâyesi, bilimle kurulan uzun soluklu bir ilişkinin, tutkuyla yapılan çalışmaların ve hayata dokunma arzusunun bir örneği. Onun akademik yolculuğu, genç bilim insanlarına ilham vermekle kalmıyor aynı zamanda bilimsel emeğin toplumsal faydaya dönüşmesinin de güçlü bir kanıtı olarak önümüzde duruyor.
Bu güzel söyleşimizin sonunda *Bilim ve Teknik* dergisi ekibi olarak Doç. Dr. İlknur Eruçar Fındıkçı'yı başarılarından dolayı kutluyor, nicelerini diliyor ve bize vakit ayırdığı için çok teşekkür ediyoruz. ■



Yeni Nesil CRISPR Teknikleriyle İki Önemli Gen Tedavisi Denemesi

İlay Çelik Sezer | *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

KEITH CHAMBERS / SPL

Yaygın olarak kullanılmaya başladığından beri biyoteknolojide çığır açan CRISPR adlı gen değiştirme yöntemi, son zamanlarda türünün ilk örneği niteliğindeki bazı tıbbi tedavi uygulamalarıyla adından söz ettiriyor. Mucidi bilim insanlarına 2020'de Nobel Kimya Ödülü'nü kazandıran bu güçlü yöntem bilim dünyasına tanıtıldığı 2012'den bu yana geliştirilmeye devam etti. Daha etkili ve daha hassas yeni versiyonları oluşturuldu ve bu sayede de tıbbi uygulamalarda kullanılmaya başlandı. CRISPR'ye dayalı gen değiştirme yöntemlerinin çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanıldığı çok sayıda klinik deneme yapılıyor. Hatta klinik onay alan CRISPR temelli iki tedavi bile var. 2025 yılının mayıs ayında duyurulan iki klinik deneme de CRISPR'ye dayalı yöntemlerle ilgili birer "ilk" niteliğindeydi.

Daha önceki gen değiştirme yöntemlerine göre daha kolay uyarlanabilirliği ve kullanılabilirliği, canlı sistemlerde uygulanmasının çok daha kolay oluşu, çok daha düşük maliyetler gerektirmesi ve genel olarak daha etkili bir sistem olması sayesinde CRISPR, ilk kez ortaya konmasının ardından kısa sürede biyoteknoloji ve tıp araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaya başladı.

Orijinal versiyon olan CRISPR-Cas9 sisteminin, hedef dışı gen değişiklikleri oluşturma ve alıcı organizmada bağışıklık tepkisi tetikleme riskleri ile hedefe gönderme konusundaki zorluklar gibi bazı eksiklikleri vardı. Zaman içinde geliştirilen yeni versiyonlarda ise özellikle hedef dışı değişiklikler oluşturma riskinin büyük ölçüde bertaraf edilmesinin yanı sıra genlerde çok daha çeşitli değişiklikler yapılması mümkün hâle geldi.

Canlıların genetik materyalinde yani genomunda istenen değişikliklerin hassas biçimde yapılabilmesi, moleküler biyolojideki en önemli ilerlemelerden biri olarak kabul ediliyor. Bu becerinin temel biyolojik süreçlerin aydınlatılmasından tıpta, tarımda ve biyoteknolojide önemli gelişmeler sağlanmasına kadar çok çeşitli uygulama alanları var. Nitekim 2023 yılında CRISPR temelli ilk tıbbi tedavinin onay alması, CRISPR gen değiştirme yönteminde yeni bir dönemin başlangıcı oldu. Bugün CRISPR'ye dayalı yöntemlerle genetik hastalıklar, enfeksiyon hastalıkları ve kanser türleri gibi çeşitli hastalıklara yönelik çok sayıda araştırma ve klinik deneme yapılıyor. Bu çalışmalarda zaman zaman önemli birer aşama sayılan başarılar kaydediliyor. Bu türden iki başarının haberi de geçtiğimiz mayıs ayında geldi. ABD'de yapılan iki çalışmanın birinde CRISPR temelli kişiselleştirilmiş bir tedavinin ilk klinik uygulaması bir bebek üzerinde yapılırken diğer çalışmada CRISPR temelli tekniklerin en gelişmiş versiyonlarından biri olan birincil düzenleme ilk kez bir hasta üzerinde uygulandı.

İlk Kişiselleştirilmiş CRISPR Tedavisi

Geçtiğimiz mayıs ayında CRISPR temelli ilk kişiselleştirilmiş tedavinin, hayati tehlike oluşturan genetik hastalığı olan bir erkek bebek üzerinde uygulandığı duyuruldu. Philadelphia Çocuk Hastanesi tarafından 15 Mayıs'ta yapılan basın açıklamasında tedavinin hâlihazırda iyileşme sağlamış göründüğü ancak tedavinin ne kadar işe yaradığının anlaşılması için henüz erken olduğu belirtildi.

Genetik hastalıklar toplumda yaygın olarak ya da toplumun küçük bir kesiminde görülen belirli mutasyonlardan kaynaklanabildiği gibi sadece bir bireyde oluşan, ona özgü mutasyonlar sonucunda da ortaya çıkabiliyor. Genlerde istenen değişikliğin yapılabilme potansiyeli işte bu kişiye özgü mutasyonların da tedavilerin hedefi olabileceği yani kişiselleştirilmiş genetik tedaviler geliştirilebileceği anlamına geliyor. Aslında bu, özellikle de İnsan Genom Projesi'yle başlayan insan genomunun dizilenmesi ve biyolojik işlevlerinin anlaşılmasına yönelik çabalarla birlikte pek çokları tarafından uzun yıllardır geleceğin

tıbbının önemli bir unsuru olarak hayal ediliyor. Bu yüzden de CRISPR temelli ilk kişiselleştirilmiş tedavi denemesi hem bilim dünyasında hem de kamuoyunda heyecanla karşılandı.

Sonuçları *New England Journal of Medicine* dergisinde yayımlanan çalışmada KJ Muldoon adlı erkek bebeğe, besinlerdeki proteinleri metabolize etmesini sekteye uğratan, biri annesinden diğeri babasından gelen iki mutasyonunu onarmak amacıyla bir gen değiştirme işlemi uygulandı. Muldoon bebeğin sahip olduğu mutasyonlar, karbamoil fosfat sentaz 1 (CPS-1) adlı önemli bir enzimin normal yani işlevsel biçimde üretilememesine neden oluyor. Bu da proteinlerin vücutta parçalanması sırasında ortaya çıkan azot içerikli bileşikleri işlemden geçirememesi anlamına geliyor. Sonuçta özellikle beyin için toksik etkiye sahip amonyağın kandaki seviyesi yükseliyor. CPS-1 eksikliği olarak adlandırılan bu hastalığın en etkili tedavi yolu karaciğer nakli. Ancak Muldoon bebeğin karaciğer nakli için uygun yaşa gelmesi için aylarca beklenmesi gerekiyordu. Bu da beyin hasarı hatta ölüm riski demekti. Nitekim CPS-1 eksikliği olan bebeklerin ancak yarısı nakil için uygun yaşa ulaşabiliyor.

Chloe Dawson/ Philadelphia Çocuk Hastanesi

Kişiselleştirilmiş gen tedavisi uygulanan Muldoon bebek

Philadelphia Çocuk Hastanesi doktorlarından Rebecca Ahrens-Nicklas, Muldoon bebeğin ailesine kişiselleştirilmiş gen tedavisi seçeneğini sundu. Ahrens-Nicklas ve çalışma arkadaşları o sıralarda CRISPR temelli bir gen değiştirme tekniği olan baz düzenleme üzerinde çalışıyordu. Bu teknik DNA dizilerinde hedeflenen bir bölgede tek bir bazın değiştirilmesine olanak tanıyor.

Ahrens-Nicklas, yöntemi insanlar üzerinde denenebileceği klinik deneme aşamasına geçilebileceğini düşünüyordu. Ailenin de onay vermesiyle zamana karşı yarış başladı. Büyük bir iş birliği ve destek ağıyla yürütülen süreçte araştırmacılar en başarılı baz düzenleme yaklaşımını belirleyip bunu farelerde ve maymunlarda sınadı. ABD Gıda ve İlaç Dairesi de tedavi onayı için yapılan başvuruyu hızlı değerlendirme sürecine tabi tuttu. Altı ay gibi kısa bir sürede Muldoon bebeğe ilk tedavi dozu verilmişti. İlk doz sonrası Muldoon bebek yaşının gerektirdiği miktarda proteini güvenli şekilde tüketebiliyor ancak kanındaki amonyak seviyesinin kontrol altında tutulabilmesi için yine de ilaçlara ihtiyaç duyuyordu. İkinci tedavi dozu sonrası doktorların ilaçları azaltması mümkün hâle geldi ama ilaçlar tamamen kesilemedi. Muldoon bebeğin son bir doz daha almasından bu yana doktorlar ilaç dozlarını tedbirli biçimde azaltıyor. Muldoon bebeğin genel sağlık durumunda ise iyileşmeler gözleniyor.

CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) canlı hücrelerdeki DNA üzerinde istenen değişikliklerin hassas ve etkin biçimde yapılabilmesini sağlayan çığır açıcı bir gen düzenleme tekniği. Tekniğin en yaygın olarak kullanılan orijinal versiyonu olan CRISPR-Cas9 sistemi, bir kılavuz RNA molekülünü (gRNA) kullanarak Cas enzimini genomu oluşturan DNA'nın belirli bir dizisine yönlendiriyor. Cas enzimi hedef bölgeye bağlandıktan sonra DNA'yı hedeflenen noktadan kesiyor. Bu da genin etkisizleştirilmesi, bir mutasyonun onarılması ya da DNA'ya yeni bir genetik materyal eklenebilmesine olanak sağlıyor. Sistemin birincil düzenleme, baz düzenlemesi ve CRISPR-Cas12 gibi daha yeni ve gelişmiş versiyonlarında hassasiyet daha da geliştirilerek hedef dışı değişiklik riskleri en aza indirildi ve böylece CRISPR platformunun tıbbi tedavilerde kullanılma potansiyeli büyük ölçüde artırıldı. CRISPR, bakteriler ve arkelerde bulunan doğal bir bağışıklık sisteminden uyarlanarak geliştirildi. Bu sistem, önceki enfeksiyonlardan kalan genetik dizileri kullanarak yabancı virüs DNA'sını tanıyıp kesiyor.

Tedavinin başka hastalara ya da nadir hastalıklara da uygulanıp uygulanamayacağı ise doğal olarak sadece teknik değil aynı zamanda ekonomik bir soru. Çünkü birkaç yüz kişiyi tedavi etmeye yönelik gen tedavileri bile uygulama başına hayli yüksek maliyetler gerektiriyor. Ancak yine de çalışma, tekniğin prensipte işe yaradığını göstermesi açısından bir kilometre taşı niteliğinde.

Birincil Düzenleme İlk Kez Bir Hastaya Uygulandı

Sonuçları 19 Mayıs 2025'te duyurulan bir başka tıbbi denemede ise CRISPR ailesinin en gelişmiş üyesi olan birincil düzenleme yöntemi ilk kez tedavi amacıyla kullanılarak 18 yaşında kronik granülomatöz hastası bir gence uygulandı. Kronik granülomatöz, nötrofiller de dâhil olmak üzere çeşitli bağışıklık hücrelerinin işlevini sekteye uğratan tehlikeli bir hastalık. Prime Medicine adlı şirket tarafından geliştirilen tedavi, hastanın kan kök hücrelerinin DNA'sındaki iki bazlık eksikliğin vücut dışında düzeltilip genetik düzeltme yapılan bu hücrelerin hastaya geri verilmesi şeklindeydi. Tedaviden sonraki bir ay içinde genç adam herhangi bir ciddi sağlık sorunu yaşamadı ve bu bir ay sonunda nötrofillerinin yaklaşık üçte ikisinde, bozukluğu kronik granülomatöze neden olan enzimlerin yeniden işlev kazanmış olduğu görüldü. Bu sonuç her ne kadar ümit verici olsa da tedavinin uzun vadede başarılı olup olmadığı aylar sonra anlaşılabilecek.
Birincil düzenleme yöntemi, CRISPR-Cas9'dan farklı olarak DNA'nın iki zincirinin birden kesilmesine gerek kalmaksızın DNA'da istenen dizinin silinmesini, araya yeni dizi eklenmesini ya da bir dizinin başka bir diziyle değiştirilmesini sağlayan çok gelişmiş bir CRISPR tekniği.

Kronik granülomatöze yönelik yapılan tıbbi denemenin şimdilik başarılı görünen sonuçlarına karşın Prime Medicine, PM359 olarak adlandırdığı bu tedaviyi geliştirmeye yönelik yeni çalışmalar yapmayacağını açıkladı. Bu tedavi, hastanın hücrelerine yönelik genetik müdahale hücre dışında yapıldığı için zorluklar ve ek maliyetler içeriyor. Şirket bunun yerine kistik fibrozis gibi daha yaygın hastalıklara vücut içinde uygulanabilecek genetik tedaviler geliştirmeye yönelecek.

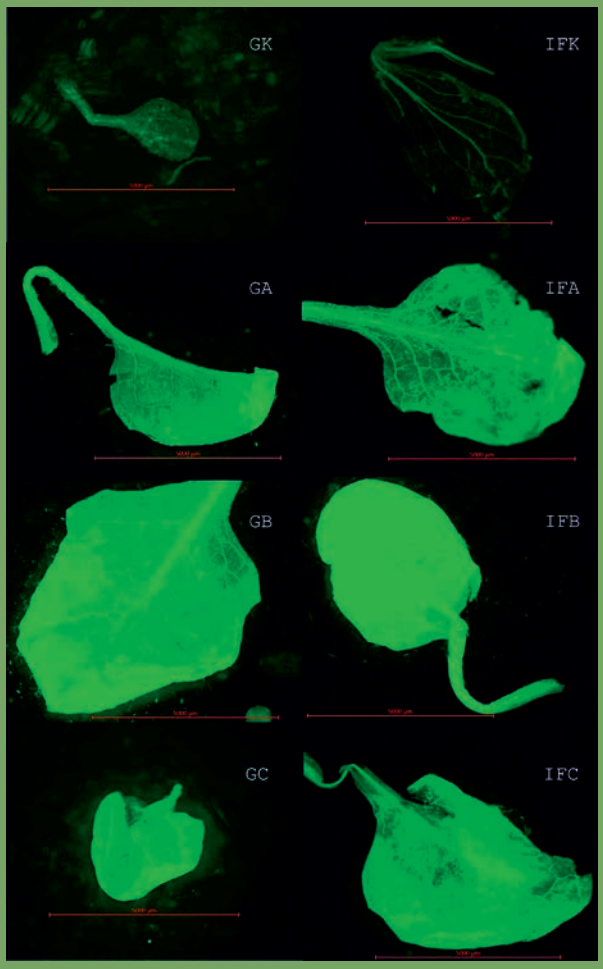
Şirketin kurucularından, Broad Institute of MIT and Harvard'da kimyasal biyolog David Liu, bu kararın nadir hastalıklara yönelik gen düzenleme tedavilerinin karşı karşıya olduğu engellere ayna tuttuğunu, her ne kadar teknolojide gelinen nokta çok çeşitli gen tedavilerine imkân tanıyacak düzeyde olsa da bunların uygulanabilirliğinin nihayetinde ekonomik etmenlere bağlı olduğunu belirtiyor. Sonuç olarak Prime Medicine şirketi birincil düzenlemeye dayalı tedaviler geliştirmeye devam edecek ancak doğrudan vücuda verilebilecek tedavilere odaklanacak. Öte yandan Liu kendi laboratuvarında giderek artan oranda, bütün bir geni değiştirmeyi içeren böylece hastalığa ilgili gendeki hangi mutasyon sebep olursa olsun, işe yarayabilecek gen tedavileri geliştirmeye yöneldiklerini söylüyor. ■

Bilim dünyasına 2012'de tanıtılan CRISPR sistemini geliştiren Emmanuelle Charpentier (solda) ve Jennifer Doudna (sağda), bu başarılarından dolayı 2020'de Nobel Kimya Ödülü'ne layık görüldü.

İlk Türk Astronotumuz Alper Gezeravcı'nın Uzayda Yaptığı CRISPR Deneyi

Çok çeşitli uygulama alanlarına yönelik olarak taşıdığı büyük potansiyelden dolayı moleküler biyolojinin en gözde konularından biri konumunda olan CRISPR yöntemi Türk Astronot ve Uzay Bilim Misyonu kapsamında, Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (ISS) gerçekleştirilen 13 bilimsel çalışmadan birine de konu oldu. CRISPR-GEM adlı deney kapsamında bitkiler üzerinde CRISPR'ye dayalı karmaşık bir genetik müdahale uzay koşullarında başarıyla gerçekleştirildi. Türkiye'nin ilk astronotu Alper Gezeravcı tarafından gerçekleştirilen deneyde, bitki dokusuna "Agroinfiltrasyon" adı verilen bir gen aktarım tekniği uygulandı. Bu teknikle, CRISPR sistemini aktive eden genetik bileşenleri taşıyan bir plazmid (gen aktarımı çalışmalarında aktarılacak geni ya da genleri taşıyan halkasal DNA molekülü), bitki hücrelerine aktarıldı.

Deneyin başarısını izlemek amacıyla, gen düzenleme işleminin başarılı olması durumunda üretilerek belirteç işlevi görmesi için yeşil floresan proteini (GFP) kodlayan gen de plazmide eklendi. GFP gen düzenleme çalışmalarında sıklıkla belirteç olarak kullanılan bir protein. Dünya'ya dönen örneklerde yapılan genetik analizlerde GFP'nin varlığı doğrulanarak, gen aktarımının başarıyla gerçekleştiği ortaya kondu. Gelecekte uzay istasyonlarında, Ay'da ya da Mars'ta kurulacak uzay üslerinde bitki temelli yaşam destek sistemleri, besin üretimi ve biyoyakıt sentezi gibi hayati faaliyetler kapsamında bitkiler ya da başka organizmalar üzerinde genetik değişiklikler yapılması gerekebilir. Yine uzun süreli uzay görevlerinde astronotlarda ortaya çıkan çeşitli sağlık sorunları için görev sırasında gen tedavileri uygulama ihtiyacı ortaya çıkabilir. Dolayısıyla gen düzenleme tekniklerinin etkinliğinin ağırlıksız ortamda test edilmesi önem taşıyor. İşte CRISPR-GEM kapsamında hem CRISPR tabanlı gen düzenleme hem de Agrobacterium aracılı infiltrasyon yöntemlerinin ağırlıksız ortamdaki işlerliklerinin test edilmesi bu anlamda değerli deneyler. Proje yürütücüsü Tuğçe Celayir'den alınan bilgiye göre uzaydan gelen örnekler üzerindeki analizler tamamlandı ve ek moleküler incelemelerle bilimsel yayın sürecine geçildi.



GFP üretimine bağlı floresan sinyallerin yer ve uzay örneklerinde karşılaştırılması.
Yeryüzü (G) ve uzayda (IF) işlenen gruplara ait yaprak örnekleri incelendiğinde gen aktarımının başarıyla gerçekleştiği A, B ve C örneklerinde (GFP) üretimine bağlı parlama görülürken kontrol gruplarında (K) ise bu parlama görülmüyor.

Kaynaklar

Pacesa, M., Pelea, O., Jinek M., "Past, present, and future of CRISPR genome editing technologies", *Cell*, Cilt 187, Sayı 5, s. 1076–1100, 2024. https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.01.042

Ledford, Heidi, "World's first personalized CRISPR therapy given to baby with genetic disease", *Nature*, 15 Mayıs 2025. https://www.nature.com/articles/d41586-025-01496-z

Kulağınız Her Daim Bilimde Olsun!

TÜBİTAK

Bilim ve Teknik Podcast

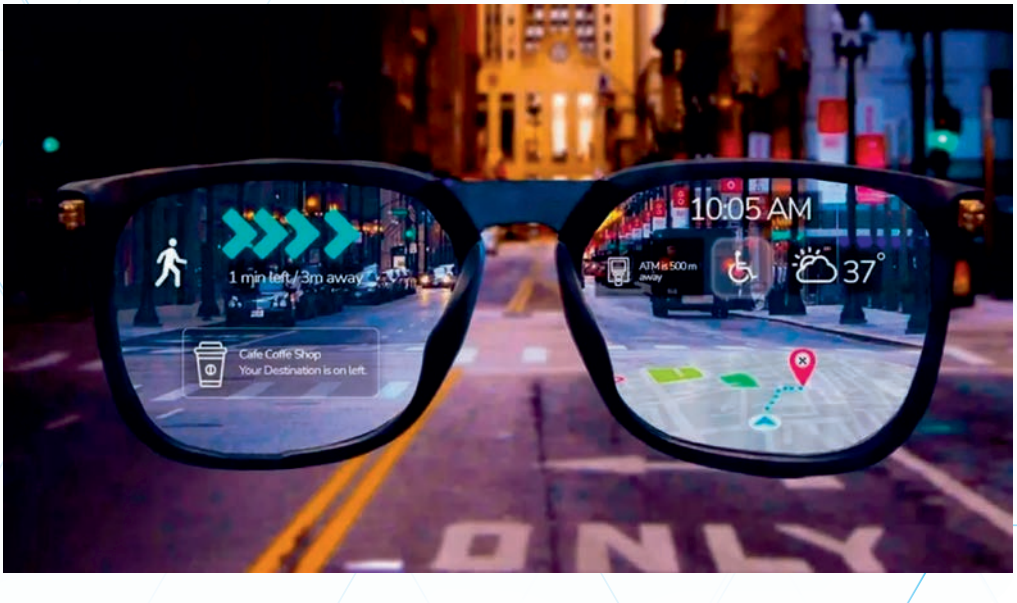
YAYINDA

Alanında uzman bilim insanları ile yapılan söyleşileri
Spotify, YouTube Music, Apple Podcast ve
SoundCloud aracılığı ile dinleyebilirsiniz.

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer [*teknoyasam@tubitak.gov.tr*

Android Yenilikleri

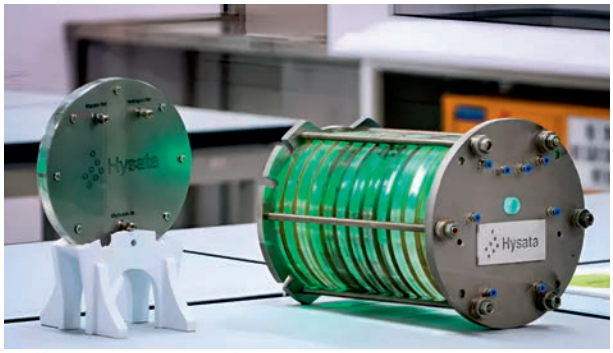


Google, I/O 2025 konferansında Android işletim sisteminin gelecek sürümünde yer alacak yenilikleri ve şirketin yapay zekâ (AI) stratejisini açıkladı. Yeni sürümde cihaz takip özelliği ile kayıp telefonların yanı sıra bluetooth tabanlı takip cihazları ve kulaklık gibi aksesuarların yeri tespit edilebilecek. Bu teknolojik entegrasyon, Apple'ın Find My uygulamasına benzer bir özellik sunuyor. Güvenlik özelliklerinin de geliştirildiği Android 16'da Advanced Protection programı ile cihazla ilgili verilerin uçtan uca şifreleme ile bulutta saklanması, USB bağlantılarında veri aktarımı özelliği engellenirken yalnızca şarj işlevinin aktif kalması, 72 saat boyunca kilitli kalan cihazların otomatik olarak yeniden başlatılması ve güvenli olmayan Wi-Fi ağlarına otomatik bağlanmanın engellenmesi gibi güvenlik önlemleri sunuluyor. Ayrıca sistem, telefon telefon dolandırıcılığı girişimlerini tespit etmek için konuşmaları görüşme sırasında anlık olarak analiz edebiliyor. Milyonlarca insanın bu tür dolandırıcılık yöntemleriyle zarara uğradığı düşünüldüğünde bu çok kıymetli bir yenilik olabilir.

Ayrıca Android arayüzlerinde "Material You Expressive" adında yeni bir tasarım sistemi kullanılıyor. Bu yenilik, kullanıcıların telefon temalarını ve arayüzlerini daha ayrıntılı biçimde kişiselleştirmelerine olanak tanıyacak. Google, Android'e ek olarak ürün yelpazesindeki diğer uygulamalara da AI destekli özelliklerin entegre edildiğini duyurdu. Google Arama'ya eklenen "AI Modu" özelliği, karmaşık sorularına yapay zekâ tabanlı yanıtlar almasına olanak tanıyacak. Şirket ayrıca Google XR Glasses adını verdiği akıllı gözlük teknolojisini de tanıttı. Bu gözlükler Ray-Ban Meta akıllı gözlüklerine benzese de gözlük camı olarak tasarlanan saydam ekranıyla çok önemli bir farklılık sunuyor. Bu sayede gözlük camında navigasyon yönlendirmeleri ve hava durumu gibi bilgiler görülebiliyor.

https://tcrn.ch/3HLpFuM

Hidrojen Üretiminde Yeni Eşik



Avustralyalı teknoloji şirketi Hysata, hidrojen üretiminde çığır açan yenilikçi elektroliz teknolojisini devreye aldı. Kapiler beslemeli elektrolizör sistemiyle ulaşılan %95 verimlilik oranı günümüzde kullanılan ticari sistemlerin %75'ler düzeyinde olan verimliliğinin hayli üstünde. Geleneksel sistemler 1 kilogram hidrojen üretmek için 52,5 kWh enerji tüketirken Hysata'nın teknolojisi sadece 41,5 kWh enerji harcıyor. Bu verimlilik artışı, hidrojen üretim maliyetlerini belirgin şekilde düşürürken yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanılmasına olanak tanıyor. Wollongong Üniversitesinden bilim insanları tarafından geliştirilen sistem, elektroliz sonucu açığa çıkan hidrojen ve oksijen gazlarının elektrolit çözletisinin içinde kabarcık oluşturmasını engelliyor. Bu kabarcıklar elektrolit çözeltisinin elektrotların yüzeyine temasını zorlaştırarak tepkime verimini düşürüyor. Geliştirilen bu teknoloji, karbon karbon salımını azaltmanın zor olduğu havacılık, denizcilik ve ağır yük taşımacılığı gibi sektörler için kritik öneme sahip. Ancak bu sistemlere olan talep yeterince yüksek değil. 2023 sonunda küresel ölçekte elektroliz cihazlarının üretim kapasitesi, 2024 için öngörülen talep miktarının yedi katına ulaşmış durumda. ABD ve AB'deki hidrojen enerjisi yatırımlarına yönelik teşvik programlarının yavaş ilerlemesi, projelerin ertelenmesine neden oluyor. Buna rağmen Hysata'nın elektroliz sisteminin sağladığı maliyet avantajı, zorlu piyasa koşullarında önemli bir rekabet avantajı sağlayabilir.

https://bit.ly/h2-uretim

Yapay Zekâ Çağında Gençler Mavi Yakalı İşleri Tercih Ediyor

Yapay zekâ teknolojilerinin iş piyasasında yarattığı dönüşüm, Z kuşağının kariyer planlamasında önemli bir değişime yol açıyor. Resume Builder tarafından yapılan bir araştırmaya göre Z kuşağının %42'si mavi yakalı sektörlere yöneliyor. Bu oran üniversite mezunları arasında %37 seviyesinde gerçekleşiyor. Z kuşağının %25'i geleneksel mavi yakalı mesleklerin yapay zekâdan daha az etkileneceğini düşünüyor. Bu düşüncenin temelinde, şirketlerin yeni mezunlara yönelik iş pozisyonlarındaki görevleri artık AI yazılımlarının gerçekleştirmeye başlaması başlaması yatıyor. Çifçilik, teknisyenlik, operatörlük,tesisatçılık gibi meslekler, iş güvencesi ve düzenli çalışma koşulları gibi beyaz yakalı mesleklerin sağlayamadığı avantajlar sunabiliyor. Üniversite mezunlarının bir kısmı sürdürülebilirlik ve ve yaşanabilir bir gelecek inşa etme hedefiyle tarım teknolojileri ve yeşil ekonomi gibi alanlara yöneliyor.

Gençler yapay zekânın insan emeğine olan ihtiyacı azaltabileceği endişesiyle fiziksel emek gerektiren mesleklere yönelirken şirketler, yapay zekâya fazla güvenmenin sıkıntısını da çekebiliyor. Microsoft'un Carnegie Mellon Üniversitesi ile birlikte yürüttüğü 319 bilgi çalışanı üzerindeki araştırma, üretken yapay zekâ uygulamalarına olan güvenin artmasıyla eleştirel düşünme becerilerinin azaldığını ortaya koyuyor. Katılımcılar görevlerin %40'ında AI'dan aldıkları yanıtlar üzerinde hiçbir eleştirel değerlendirme yapmadıklarını belirtirken araştırmacılar bu durumun analitik düşünme gibi bilişsel becerilerin zayıflamasına yol açabileceği konusunda uyarıda bulunuyor.

https://bit.ly/mavi-yaka
https://bit.ly/gen-z-mavi
https://bit.ly/ai-koreltiyor

SEO'dan Sonra Sırada AEO Var

İnternette karşımıza çıkan birçok site, arama motorlarında sıralarda yer alacak şekilde sürekli optimize ediliyor. SEO (search engine optimization) olarak kısaltılan bu süreç yerini, web sitelerindeki içeriklerin ChatGPT gibi yapay zekâ sistemleri tarafından daha verimli değerlendirmesini sağlayacak şekilde optimize edilmesini amaçlayan, AEO'ya (Answer Engine Optimization) yani yanıt motoru optimizasyonuna bırakıyor.

Geleneksel arama motorları kullanıcılara aradıkları bilginin bulunabileceği internet sitelerinin adreslerini alt alta sıralanmış şekilde sunarken AI destekli sogbet robotları farklı kaynaklardan aldığı bilgileri anlamlı bir şekilde bir araya getirerek doğrudan sorunun bağlamına uygun yanıtlar üretir. Bu temel paradigma değişimi, internet ortamında üretim stratejilerini köklü şekilde dönüştürüyor. SEO anahtar kelime odaklıyken AEO, kullanıcıların sohbet robotlarına sorabileceği sorulara doğrudan ve konuşma diline uygun yanıtlar vermeye odaklanıyor. AEO'ya göre optimize edilen içeriklerde konuşma diline yakın, açık cümleler şelinde yazılan bilgiler tercih ediliyor ve kullanılan kaynaklar belirtiliyor.

Yakın dönemde yapılan bir araştırma, Amerikalıların %27'sinin arama motorları yerine ChatGPT veya Perplexity gibi AI destekli sohbet robotlarını kullanmaya başladığını ortaya koyuyor. ChatGPT'nin tıklanabilir linkler, haritalar ve diğer arama araçlarını entegre etmesi, platformu daha çekici bir arama seçeneği hâline getirirken ChatGPT'den gelen yönlendirme internet sitelerinin trafiğini de artırıyor. Yapay zekâ şirketlerinin 2025'in ilk çeyreğinde küresel ölçekte şirketlere yapılan toplam yatırım miktarının %58'ini almış olması da bu dönüşümün hızını gösteriyor.

https://bit.ly/aeo-donemi

Sen Tarif Et Yapay Zekâ Tasarlasın!

Yapay zekâ teknolojilerinin kullanım alanının dijital içeriklerden fiziksel ürünlere doğru genişlemesi, üretim sektöründe önemli bir değişimi tetikliyor. 2024'te kurulan üretken yapay zekâ destekli e-ticaret platformu Arcade, kullanıcıların metin ve görsel prompt'larla (komutlarla) özel mücevher tasarımları oluşturmasına olanak tanıyor. Üç ay içerisinde platform üzerinde 650 bin mücevher tasarımı yapıldı. Şirket stratejisini ev eşyalarına doğru genişleterek kullanıcıların kişiselleştirilmiş el dokuma halı siparişleri verebildiği bir hizmeti hayata geçirdi. Halılar ise farklı ülkelerdeki zanaatkârlar tarafından

üretiliyor. Siz bir halı seçip bu halıda nasıl bir değişiklik istediğinizi tarif ediyorsunuz, sistem kısa sürede bu değişikliğe uygun tasarımları sunuyor. Sonrasında seçtiğiniz tasarımların üretilmesi için sistemden sipariş veriyorsunuz.

Benzer yaklaşım kullanan Off/Script platformu çanta, tişört ve vazo gibi ürünlerde AI destekli tasarımlar sunuyor. Tasarımlar, kullanıcı topluluğunun desteğiyle fonlanarak üretime geçiyor.

McKinsey'in araştırma bulgularına göre üretken yapay zekâ teknolojileri ürün, araştırma ve tasarım alanında 60 milyar dolar değerinde verimlilik artışı sağlayabilir.

Doğru uygulama durumunda ürün geliştirme süreçlerinin süresini %70'e varan oranda kısaltabiliyor. General Motors'un, AI modellerini kullanarak 100'den fazla emniyet kemeri braketi tasarım üreterek orijinalinden %40 daha hafif ve %20 daha güçlü bir ürün geliştirdi. Bu durum teknolojinin endüstriyel uygulamalarındaki somut faydalarını ortaya koyuyor.

https://prn.to/3TfLN2Y

Dâhili Bataryaya Sahip Tüm Cihazlardaki Piller Artık Değiştirilebilecek

Avrupa Birliği, 2027'ye kadar tüm taşınabilir elektronik cihazlarda kullanıcı tarafından çıkarılabilir pil bulundurma zorunluluğu getirdi. Yeni kurallar kapsamında AB'de satılan telefonlar, tabletler ve diğer taşınabilir elektronik cihazlarda sabitlenmiş pil kullanılması yasaklanacak. Tüketiciler, özel bir ekipmana ihtiyaç duymadan temel el aletlerini kullanarak pilleri değiştirebilecek. Bu düzenleme, cihazların yaşam süresini uzatırken elektronik atık miktarını da önemli ölçüde azaltacak. AB'nin bu adımı, dünya çapında benzer standartların yaygınlaşmasını sağlayabilir.

https://bit.ly/pil-degisim

Panther Media GmbH / Alamy

“Bilgisayar Biliminin Nobeli” Turing Ödülü

Pekiştirmeli Öğrenmenin Mimarlarına

İlay Çelik Sezer [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Bilgisayar bilimi alanındaki en prestijli ödüllerden biri olan ACM A.M. Turing Ödülü yapay zekâ alanında çığır açan katkılarıyla tanınan Andrew G. Barto ve Richard S. Sutton’a verildi. Barto ve Sutton, yapay zekâ modellerinin oluşturulmasını sağlayan en önemli yaklaşımlardan biri olan pekiştirmeli öğrenmenin kavramsal ve algoritmik temellerini atmaları dolayısıyla bu ödüle layık görüldü.

Alan M. Turing (1912-1954)

Sıklıkla bilgisayar biliminin Nobel’i olarak da anılan ve Google Inc.’in fon desteği sağladığı Turing Ödülü, 1 milyon dolarlık bir para ödülü içeriyor. Ödül, bilgisayar biliminin temellerini ortaya koyan İngiliz matematikçi Alan M. Turing’in adını taşıyor.

Yapay zekâ alanı “ajan” oadı verilen ve çevresini algılayıp bu verilere göre eylemlerde bulunan sistemler oluşturmakla ilgilenir. Daha zeki ajanlar, belirli bir hedefe ulaşmak için daha etkili eylem yollarını seçenlerdir. Dolayısıyla bazı eylemlerin diğerlerinden daha tercih edilebilir olduğu fikri, yapay zekânın temel dayanaklarından biridir. Psikoloji ve nörolojik bilimlerden devşirilen ödül kavramı, yapay zekâ alanında ise davranışının kalitesine dayalı olarak bir ajana verilen bir sinyale karşılık gelir. İşte bu tür sinyaller aracılığıyla, ajanların daha yüksek ödül getiren davranışları öğrenme sürecine pekiştirmeli öğrenme deniyor.

Alberta Üniversitesinde bilgisayar bilimleri profesörü olan Richard S. Sutton aynı zamanda Dallas merkezli bir yapay genel zekâ şirketi olan Keen Technologies'te araştırmacı ve Alberta Makine Zekâsı Enstitüsünde bilimsel baş danışman olarak görev yapıyor.

Massachusetts Amherst Üniversitesi (UMass Amherst) Bilgi ve Bilgisayar Bilimleri Bölümünden emekli olan Andrew G. Barto, pekiştirmeli öğrenme konusundaki öncül çalışmalarına ilk başladıklarında bu konunun pek rağbet görmediği gibi bir araştırma alanı hâline geleceği de düşünülmeyen bir konu olduğunu, kendisinin ise sadece merak ettiği için konuyla ilgili çalışmalarını sürdürdüğünü belirtiyor.

Hayvan eğitiminde binlerce yıldır bilinen ödülle öğretme yaklaşımı aslında yapay zekâ alanında da başlangıçtan beri var olan bir düşünce. Alan Turing, 1950 tarihli "Hesaplama Makineleri ve Zekâ" (Computing Machinery and Intelligence) makalesinde "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu sorarak ödül ve cezaya dayalı bir makine öğrenmesi yaklaşımı öne sürmüştü. Turing bu yaklaşımla bazı deneylere başlamış ve ABD'li bilgisayar bilimci Arthur Samuel de 1950 yılında oynadıkça kendi kendine öğrenen bir dama oyunu programı geliştirmişti. Ancak bu alanda uzun bir süre önemli bir gelişme olmadı.
Ta ki Barto ve doktora öğrencisi Sutton, psikoloji gözlemlerinden esinlenerek pekiştirmeli öğrenmeyi genel bir problem çerçevesi biçiminde kurgulamaya başlayana kadar. İkili 1980'lerden itibaren yazdıkları bir dizi makaleyle pekiştirmeli öğrenmeye ilişkin temel fikirleri ortaya attı, matematiksel temelleri oluşturdu ve önemli algoritmaları geliştirdi.

İkilinin 1998'de yazdığı Reinforcement Learning: An Introduction (Pekiştirmeli Öğrenme: Giriş) adlı ders kitabı alanın en temel kaynaklarından biri hâline geldi. 75.000'in üzerinde atıf alan eser, binlerce araştırmacının alanın temel kavramlarını anlamasına ve alanda araştırmalar yapmaya başlamasına imkân sağladı.

Barto ve Sutton, pekiştirmeli öğrenme algoritmalarını yıllar önce geliştirmiş olsa da bu alandaki uygulamaların gerçek anlamda yaygınlaşması ancak son 15 yılda mümkün olabildi. Bu gelişme, pekiştirmeli öğrenme yaklaşımının derin öğrenme ile bütünleştirilerek çok daha güçlü bir yöntem olan derin pekiştirmeli öğrenme yaklaşımının ortaya çıkmasıyla gerçekleşti. Derin öğrenme yaklaşımının öncülerinden olan Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton ve Yann LeCun da 2018'de yine Turing Ödülü ile onurlandırılmıştı. Pekiştirmeli öğrenmenin en kayda değer başarılarından biri AlphaGo'nun 2016 ve 2017'de gerçek Go oyuncularını yenmesiydi. Çok daha güncel önemli bir başarı ise öğrenme sürecinde "insan geri bildiriminden pekiştirmeli öğrenme" yaklaşımını kullanarak insanların ihtiyaçlarına kişiselleştirilmiş yanıtlar veren ChatGPT oldu.

Günümüzde pekiştirmeli öğrenme, ağ tıkanıklığı kontrolü, çip tasarımı, internet reklamcılığı, optimizasyon, küresel tedarik zinciri yönetimi, sohbet robotlarının davranış ve akıl yürütme yeteneklerini profesyonel Go oyuncularını biliminin en eski problemlerinden biri olan matris çarpımı algoritmalarını iyileştirme gibi çok çeşitli alanlarda da uygulama buluyor.

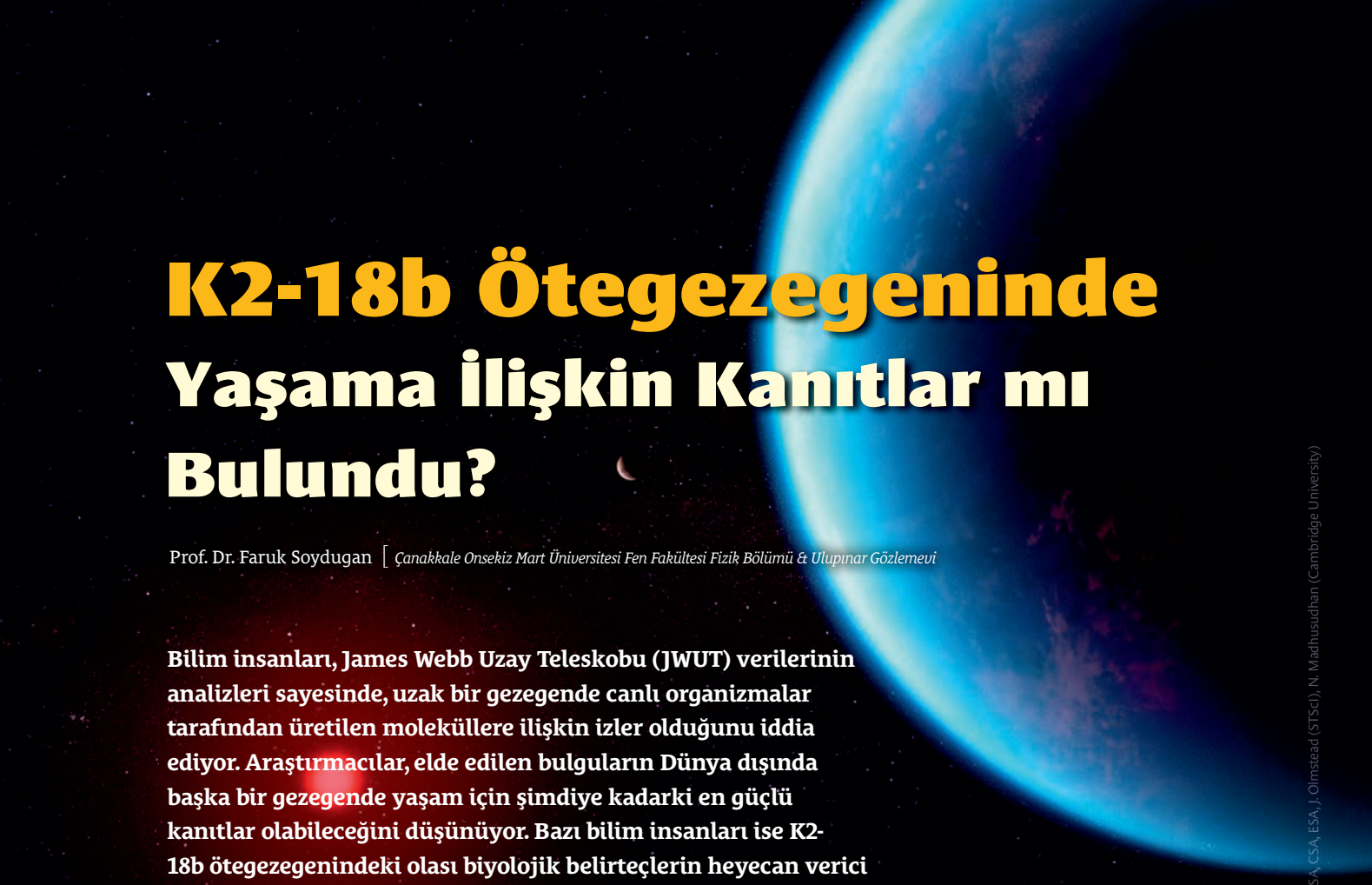
Sonuç olarak Barto ve Sutton'ın yıllara yayılan sistematik ve kararlı çalışmaları, bugün sadece bilimsel ve teknolojik araştırmalarda değil insanların günlük hayatlarında bile dönüşüm yaratan yapay zekâ sistemlerinin temel bileşenlerinden birini oluşturarak uygarlık tarihinde kalıcı bir iz bırakmış oldu. ■

Kaynaklar

https://www.newscientist.com/article/2470828-andrew-barto-and-richard-sutton-win-turing-award-for-ai-training-trick/
https://amturing.acm.org/
https://cacm.acm.org/wp-content/uploads/2025/03/24-Turing3.jpg

K2-18b Ötegezegeninde Yaşama İlişkin Kanıtlar mı Bulundu?

Prof. Dr. Faruk Soydugan [*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü & Ulupınar Gözlemevi*



NASA, CSA, ESA, J. Olmsted (STScI), N. Madhusudhan (Cambridge University)

Bilim insanları, James Webb Uzay Teleskobu (JWUT) verilerinin analizleri sayesinde, uzak bir gezegende canlı organizmalar tarafından üretilen moleküllere ilişkin izler olduğunu iddia ediyor. Araştırmacılar, elde edilen bulguların Dünya dışında başka bir gezegende yaşam için şimdiye kadarki en güçlü kanıtlar olabileceğini düşünüyor. Bazı bilim insanları ise K2-18b ötegezegenindeki olası biyolojik belirteçlerin heyecan verici olduğunu söylese de bunların yaşam için güçlü bir kanıt olduğuna ilişkin iddialarda bulunmaktan kaçınıyor.

K2-18b ötegezegeni, gökyüzünde Aslan Takımyıldızı bölgesinde bulunan ve 124 ışık yılı uzaklıktaki bir yıldız sisteminin üyesidir. Bu gezegen, K2-18c ile birlikte EPIC 201912552 olarak isimlendirilen, küçük kütleli kırmızı cüce bir yıldız etrafında dolanıyor. Kepler Uzay Teleskobu tarafından 2015 yılında keşfedilen K2-18b'nin yarıçapı Dünya'nın 2,6 katı, kütlesi ise Dünya'nın yaklaşık 8,6 katı büyüklüğünde. Bu gezegende bir yıl yaklaşık 33 gün sürüyor ve gezegenin yüzey sıcaklığı yaklaşık 10°C.

K2-18b'nin yıldızına olan uzaklığı dikkate alındığında suyun gezegenin yüzeyinde sıvı hâlde bulunabileceği uzaklıkta yer alan "yaşama elverişli bölgede" dolandığı görülüyor. Bu durum da gezegeni araştırmak için ilgi odağı hâline getiriyor. Bilim insanları, Dünya'dan çok uzaktaki oldukça sönük ötegezegenleri araştırmak için onları özellikle yıldızının önünden geçerken gözlüyor. Böylece yıldızın ışığı, gezegenin atmosferinden geçerken atmosferdeki moleküller ile etkileşir. Araştırmacılar, gezegen yörünge hareketi sırasında yıldızı ile Dünya'nın arasından geçerken elde edilen bu tayf verilerini analiz ederek gezegen atmosferine ait moleküllerin neden olduğu soğurma yapılarını tespit edebiliyor ve böylece gezegenin atmosferinin kimyasal bileşimi hakkında bilgi sahibi olabiliyor.

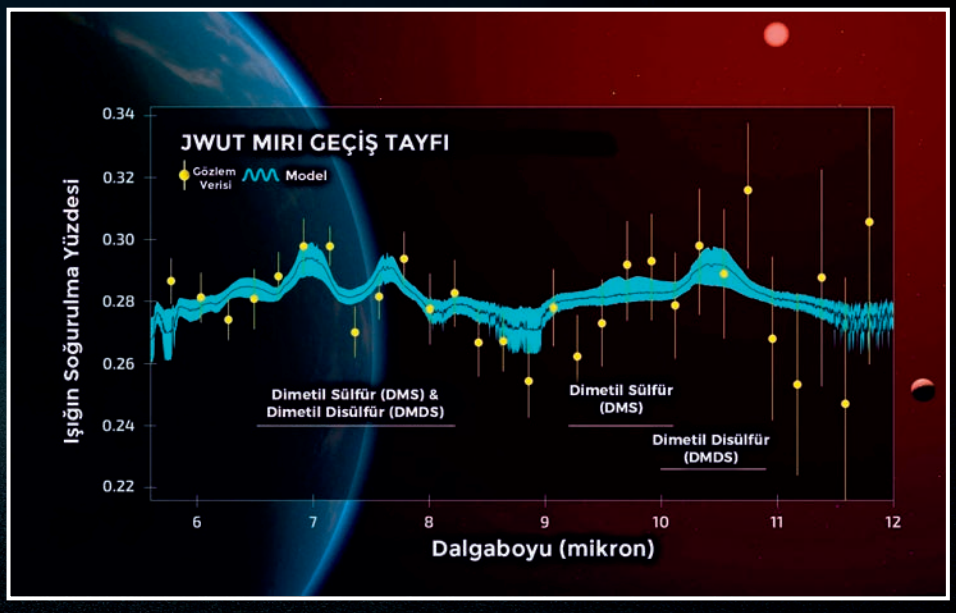
Nisan 2025'te *The Astrophysical Journal Letters* dergisinde yayımlanan makalede K2-18b'nin geçişi sırasında JWUT ile elde edilen geçiş tayflarını analiz edilerek gezegenin atmosferinde biyolojik aktivite kaynaklı olabileceği düşünülen moleküller belirlendi. JWUT'tan alınan güncel veriler, yıldızın etrafında yaşanabilir bölgede yörünge dolanan K2-18b ötegezegeninin atmosferinde dimetil

sülfür (DMS) ve/veya dimetil disülfürdenn (DMDS) kaynaklandığı düşünülen sinyaller olduğunu ortaya koydu. Bu moleküllerin Dünya'da yalnızca canlı organizmalar tarafından (öncelikli olarak deniz fitoplanktonu gibi mikrobiyal yaşam tarafından) üretildiği biliniyor. DMS ve DMDS'ye ilişkin izlerin daha güvenilir olarak belirlenmesi için takip gözlemleri devam ediyor. Araştırmacılar, K2-18b gezegeninin atmosferinin göreli kalınlığının bir elmanın kabuğunun kalınlığına oldukça yakın oranda olduğunu belirterek araştırmanın zorluğunu ortaya koyuyor.

K2-18b'nin JWUT ile yapılan 2023 yılı gözlemleri de atmosferinde metan ve karbondioksit varlığını ortaya koymuştu. 2023 yılındaki bulgularla K2-18b ötegezegeninde ilk kez karbon bazlı moleküller tespit edilmişti. Aynı zamanda geçiş tayfındaki bazı sinyallerin DMS'den kaynaklanabileceği tartışılmıştı ancak sonuçlar istatistiksel olarak yeni analizlerdeki kadar güçlü değildi. 2023 yılında JWUT'a ait yakın kızıl öteye duyarlı (0,8-5 mikron) kamera ve tayf çekerler kullanılmasına karşın yeni gözlemler, orta kızıl ötesi bölgeye duyarlı (6-12 mikron) alıcılarla yapıldı. Böylece tayf verilerinde DMS ve DMDS'ye ait izler daha duyarlı şekilde belirlendi. Bu iki molekülün tayfsal izleri birbirine yakın dalga boylarında ortaya çıktığından moleküler izlerin birbirinden ayrılması için daha yüksek çözünürlüklü veriye ve detaylı analizlere ihtiyaç var. Araştırmalar, K2-18b'nin atmosferindeki DMS ve/veya DMDS'nin yoğunluğunun Dünya'ya göre çok daha fazla olabileceğini gösteriyor. Bu da sinyalin varlığı daha güvenilir şekilde test edilirse Dünya'ya göre daha fazla biyolojik aktiviteye işaret ediyor. Ancak bu moleküllerin biyolojik bir kökeninin olduğunu tespit etmek için daha fazla araştırma yapılması gerektiği belirtiliyor.

K2-18b, uzun süredir "hycean (hiyanus) gezegen" adaylarından biri olarak kabul ediliyordu. Bu tür gezegenler Dünya'dan daha büyük, hidrojen açısından zengin bir atmosfere sahip okyanuslarla kaplı gök cisimleridir. Bu tür gezegenler, milyarlarca yıl önce Dünya okyanuslarında bulunanlara benzer mikroskopik organizmalara ev sahipliği yapıyor olabilir. Bu olasılığın test edilebilmesi için K2-18b'de sıvı formda suyun bulunduğuna dair daha açık kanıtlara ihtiyaç duyuluyor.

K2-18b gezegeninde mikrobiyal yaşama ev sahipliği yapabilecek bir okyanus bulunup bulunmadığı ve tespit edilen moleküllerin biyolojik kökenli olup olmadığı, bilim çevrelerinde farklı açılardan tartışılmaya devam edecek gibi görünüyor. ■



A. Smith, N. Madhusudhan (University of Cambridge)

K2-18b'nin, JWUT'ta bulunan MIRI (orta kızıl öteye duyarlı alıcı) tayf çekeri kullanılarak alınan tayf verisi ve bu veride DMS ve DMDS'nin olası izleri.

Kaynaklar

HN. Madhusudhan ve ark., "New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18b from JWST MIRI", *The Astrophysical Journal Letters*, 983, L40 (2025)
https://phys.org/news/2025-04-astronomers-strongest-life-planet.html
https://www.nasa.gov/universe/exoplanets/webb-discovers-methane-carbon-dioxide-in-atmosphere-of-k2-18-b/
https://exoplanet.eu/catalog/k2_18_b--3953/
https://www.sci.news/astronomy/webb-biosignature-gases-atmosphere-k2-18b-13837.html
https://www.sciencealert.com/strongest-evidence-of-alien-life-yet-found-124-light-years-away

Küresel Isınma Karaları Kuraklaştırıyor

Dr. Mahir E. Ocak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Bilimsel çalışmalar, karalardaki su miktarının içinde bulunduğumuz yüzyılda büyük miktarda azaldığını gösteriyor. Üstelik azalan sadece kalıcı buzullar değil. Yeraltı suları, göller ve nehirler giderek kuraklaşıyor. Küresel ısınmanın güncel gidişatı göz önüne alındığında karalardaki su miktarının yakın gelecekte yeniden artmaya başlaması da beklenmiyor.

rotovoyager / iStock

Deprem, sel gibi doğal afetlerin aksine kuraklık yavaş yavaş gelişir. İlk olarak yağışlarda bir azalma başlar. Zamanla toprak nemi, yeraltı suları, göller ve ırmaklardaki sular gibi "karasal su kaynakları" azalır. Yüksek hava sıcaklıkları da buharlaşmayı ve bitkilerin su kaybını artırarak kuraklığa katkıda bulunur.

Karasal su kaynaklarının giderek azalmakta olduğunu gösteren veriler var. Örneğin kuraklıkların görülme sıklığı 1850-1990 ortalamasının 1,7 katına çıktı. Karalardaki su kaynakları azaldıkça okyanuslardaki su miktarı artıyor. Dolayısıyla küresel deniz seviyelerinde gözlemlenen yükselmeler, karalardaki kuraklaşmanın önemli göstergelerinden. Asıl önemli olan, karasal su kaynaklarındaki azalmanın ne kadarının kısa vadeli mevsimsel değişimlerden kaynaklanan geçici bir azalma olduğu ne kadarınınsa süregiden küresel ısınmadan kaynaklanan daha kalıcı değişimler olduğunu tespit edebilmek.

Uluslararası bir araştırma grubu çeşitli yöntemler kullanarak 2000-2020 döneminde karasal su kaynaklarındaki (toprak nemi, yeraltı suları, akarsular ve göller) değişimleri inceledi. Değerlendirmeler için kullanılan veri setleri toprak nemi, yerkürenin kütle çekim alanı, küresel deniz seviyelerindeki yükselmeler ve Dünya'nın kutuplarının hareketleri

Grace Uyduları

Aralarında yaklaşık 220 kilometre mesafe olan uydular 500 kilometre irtifada dolanıyor. Uydulardaki lazer sistemi, uyduların hızlarının ve aralarındaki mesafenin hassas bir biçimde ölçülmesine imkân veriyor. Tespit edilen ufak değişimler uyduların maruz kaldığı kütle çekim alanı ve dolaylı olarak yerküredeki kütle dağılımı hakkında bilgi veriyor. Dünya'nın etrafında günde 15 tur atan uydular her 30 günde bir yerkürenin tamamını kapsayacak şekilde veri topluyor. Farklı zamanlarda yapılan ölçümlerin karşılaştırılmasıyla yerküredeki kütle dağılımının zamanla nasıl değiştiği tespit edilebiliyor. Böylece karalardaki su kütlesinde meydana gelen artmalar ve azalmalar belirlenebiliyor. Orijinal GRACE uyduları 2002-2017 döneminde görev yapmıştı. 2018'de GRACE-FO projesi hayata geçirilerek orijinal uydularla neredeyse özdeş donanımlara sahip iki uydu daha uzaya gönderildi.

GRACE Uyduları

NASA / JPL-Caltech / SPL

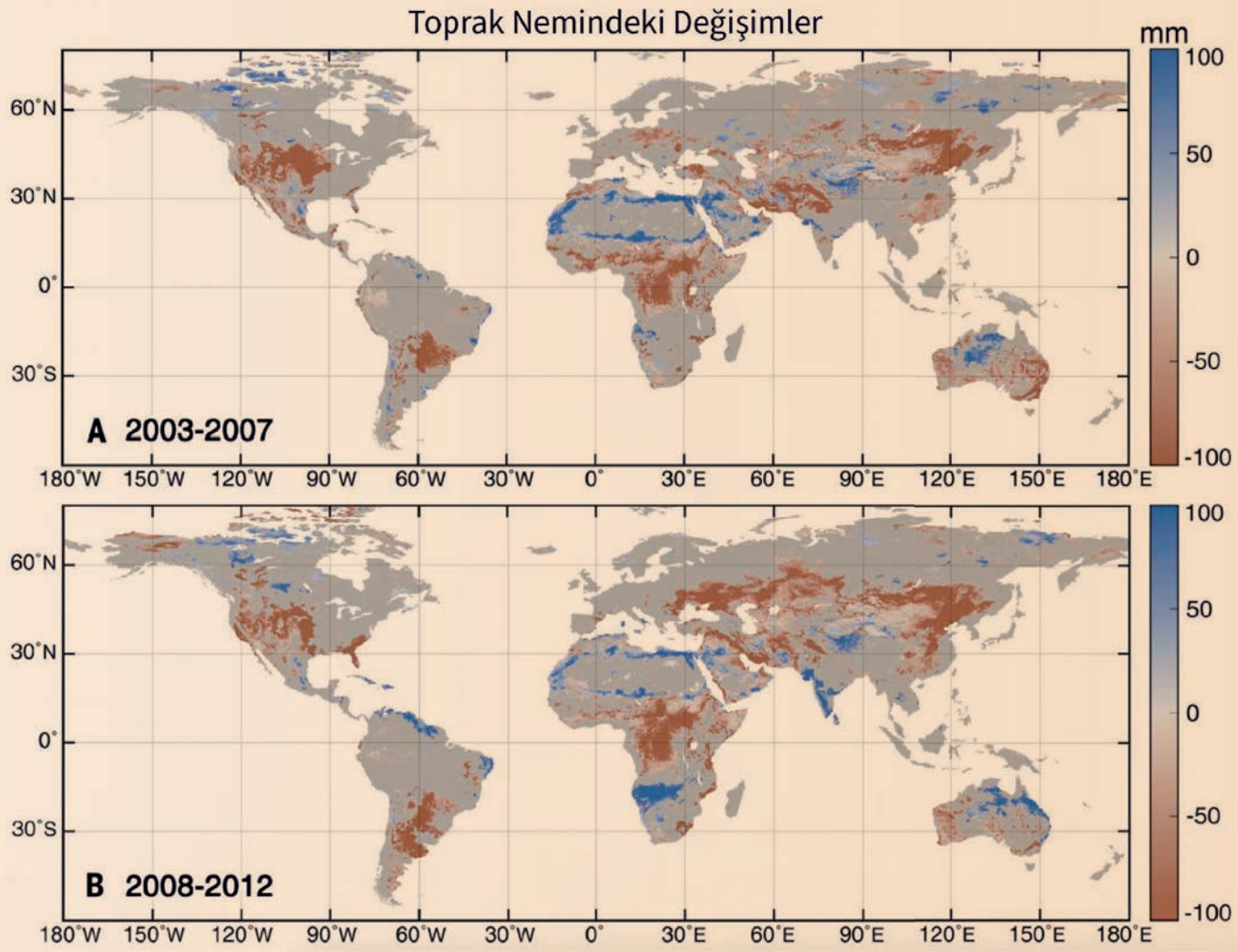
Grönland buzullarındaki erime, küresel deniz seviyelerinin her yıl yaklaşık 0,8 mm yükselmesine yol açıyor. 2000-2002 dönemindeki toprak nemi kaybı ise deniz seviyelerinin her yıl yaklaşık 2 mm yükselmesine yol açtı.

Mlenny / iStock

ile ilgili ölçümlerin sonuçlarını içeriyor. Bu veri tabanlarında farklı zaman aralıklarına ait bilgiler bulunuyor. Hesaplamalar, tüm veri tabanlarının örtüştüğü 2005-2015 döneminde, karasal su kaynaklarının 1,3 trilyon ton azaldığını ve bunun sonucunda küresel ortalama deniz seviyesinin 3,5 mm yükseldiğini gösteriyor.

Araştırmacıların hesaplarına göre toprak nemi 1979-2016 döneminde 3.941 milyar ton azaldı. Bu kuraklaşma küresel deniz seviyelerinin 10,78 mm yükselmesine yol açtı. İlginç bir nokta ise toprak nemindeki azalmanın büyük bir kısmının 2000-2002 döneminde gerçekleşmesi oldu. Bu dönemde toprak nemindeki kütle kaybı yaklaşık 1.614 milyar ton oldu. Karalardan okyanuslara geçen sular bu dönemde küresel ortalama deniz seviyesinin 4,4 mm yükselmesine yol açtı. 2003 ve sonrasında da toprak nemindeki kütle kaybı devam etti. Bu dönemde toprak nemindeki kütle kaybı 1.009 milyar ton, bu kütle kaybının küresel ortalama deniz seviyelerinde sebep olduğu yükselme ise 2,76 mm oldu. GRACE uyduları ile toplanan verilere dayalı hesaplamalar da toprak nemi ile ilgili uydu verilerine dayalı bu sonuçları destekliyor.

Detaylı analizler, 21. yüzyılın başındaki toprak nemi azalmasının küresel bir olay olduğunu gösteriyor. Orta ve Doğu Asya, Orta Afrika, Kuzey ve Güney Amerika'nın çok büyük bir kısmında azımsanamayacak derecede toprak nemi kaybı olduğu görülüyor. Ancak Hindistan, Avustralya, Kuzey ve Güney Amerika'nın bazı kısımlarında az da olsa bir artış gözlemleniyor. 2000-2002 dönemindeki toprak nemi kaybının büyüklüğünü daha iyi anlamak için buzul erimeleriyle bir karşılaştırma yapılabilir. Onlarca yıldır küresel deniz seviyelerindeki yükselmenin en önemli nedeni olarak görülen Grönland buzullarındaki erime, küresel ortalama deniz seviyesinin her yıl yaklaşık 0,8 mm yükselmesine yol açıyor. 2000-2002 dönemindeki toprak nemi kaybının yol açtığı yıllık deniz seviyesi yükselmesi yaklaşık 2 mm civarındaydı. Bu dönemdeki Grönland buzullarındaki kütle kaybı yaklaşık 900 milyar ton kadardı. Bu değer, toprak nemindeki 1.614 milyar tonluk kütle kaybının yanında küçük kalıyor.



Ki-Weon Seo ve ark., *Science*

Karasal su kaynaklarındaki değişimler Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşünü de etkiliyor: Yerküredeki kütle dağılımı ve dolayısıyla Dünya'nın eylemsizlik momenti değiştikçe açısal momentumun korunumu yasası uyarınca Dünya'nın kendi etrafında dönme hızı ve dönme ekseni de değişiyor.

Kutupların hareket miktarını ifade etmek için iki açısal parametre kullanılıyor: x_1 ve x_2. Bu parametrelerden ilki Kuzey Kutbu noktasının Greenwich meridyeni, ikincisi ise 90° doğu meridyeni boyunca ne kadar hareket ettiğini ifade ediyor. Bu hareketleri ölçerken Kuzey Kutbu'nun 1900 yılındaki ortalama konumu referans alınıyor.

Karasal su kaynaklarındaki değişimler her ne kadar kutupların hareket etmesine neden olsa da yer değiştiren su kütlesi miktarı ile kutupların hareket miktarı arasında doğrudan bir ilişki yok. Başka bir deyişle karalardan okyanuslara geçen su miktarı ne kadar fazlaysa x_1 ve x_2 parametreleri de o kadar büyük olmuyor. Bu durumun nedeni Dünya'nın eylemsizlik momentinin ve dolayısıyla kutupların hareketlerinin sadece yer değiştiren kütlenin miktarına değil, kütlenin başlangıçtaki ve sondaki konumların da bağlı olması. Örneğin bilimsel çalışmalar, 2000-2002 döneminde Kuzey Amerika'daki toprak nemi azalmasının Kuzey Kutbu'nun 90° batı meridyeni yönünde

ZU_09 / iStock

kaymasına (x_2'nin azalmasına) neden olduğunu gösteriyor. Aynı dönemde Avrasya'daki toprak nemi değişimleri ise Kuzey Kutbu'nun 90° doğu meridyeni yönünde hareket etmesine (x_2'nin artmasına) yol açtı. Bu yüzden 2000-2002 dönemine odaklanıldığında toprak nemi kaybına bağlı belirgin bir kutup hareketi olmadığı görülüyor. Ancak 2012 yılına ait x_1 ve x_2 parametrelerine bakıldığında Kuzey Kutbu'nun 2012 yılına kadar 90° doğu meridyeni yönünde 45 santimetre kaydığı görülüyor.

Karasal su kaynaklarındaki azalmanın ana nedeni küresel ısınma olarak görülüyor. Artan atmosfer ve okyanus sıcaklıkları karasal su döngüsünde önemli değişimlere yol açıyor. Yüksek sıcaklıklar daha fazla buharlaşmaya ve bitkilerin daha fazla su kaybetmesine neden oluyor. Bu durum atmosferdeki su buharı miktarında ve yağışlarda artışa neden olsa da daha fazla yağış karalardaki su miktarının artması anlamına gelmiyor. Sağanak yağmurların yeryüzüne indirdiği suların büyük bir kısmı toprakta birikmiyor aksine akarsulara karışıp denizlere akıyor. Artan sıcaklar ve değişen yağış örüntüleri sebebiyle giderek sulaklaşan alanlar, kuraklaşmaya yüz tutan alanların yanında çok küçük kalıyor.

Kuraklaşmayı artıran bir değer etkense yeraltı sularına olan talebin giderek artması. Tüm veriler karasal su kaynaklarının 21. yüzyılda önemli miktarda azaldığını gösteriyor. Küresel ısınmanın geleceği hakkındaki kuramsal tahminler göz önüne alındığında kuraklaşmış bölgelerdeki su kaynaklarının yakın gelecekte eski hâline dönmesi beklenmiyor. ■

Kaynaklar

• Seo, Ki-Weon, ve ark., "Abrupt sea level rise and Earth's gradual pole shift reveal permanent hydrological regime changes in the 21st century", *Science*, Cilt 387, s. 1408, 2025.

• Gramling, C., "Earth's landmasses lost trillions of tons of water this century", *Science News*, https://www.sciencenews.org/article/earth-water-loss-21st-century, 21 Nisan 2025.

Mesut Erol [*merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr*

Çarpma Kraterleri Hep **Dairesel** mi Olur?

Bir toprak birikintisine veya bir çamura farklı açılardan taş ya da bilye fırlattığınızı düşünün. Bu durumda sadece dairesel izler oluşmaz. Fırlatma açısının eğikliğine göre bolca eliptik formda çarpma krateri de gözlenebilir. Ancak gök cisimleri ölçeğinde durum böyle değildir. Gök taşları, gök cisimlerine farklı açılarla çarpmalarına rağmen oluşan çarpma kraterleri genellikle dairesel şekillidir. Eliptik kraterler ise nadiren de olsa gözlenebilir.

Toprak birikintisine fırlatılan taş ile bir gezegene ya da uyduya düşen gök taşı arasındaki temel fark süratleridir. Gök taşları saniyede 70 kilometreye varan süratle ilerleyebilir. Bu süratle bir yüzeye ulaşıp çarptıklarında sahip oldukları yüksek kinetik enerji neredeyse tamamen ısıya dönüşür. Bir krater oluşmasına neden olan bu olay sırasında büyük bir şok dalgası üretilir ve gök taşı anında buharlaşır. Genellikle çarpma bölgesindeki maddeler şok dalgası etkisiyle her yöne eşit biçimde dağıldığı için sonuçta dairesel biçimli bir krater ortaya çıkar.

Mars, Merkür ve Ay gibi gök cisimlerinin yüzeyleri dikkatlice incelendiğinde, tespit edilen kraterlerin yaklaşık %5'inin elips şekilli olduğu görülebilir. Bilim insanları bu kraterlerin çok dar açılarla yüzeye çarpan gök taşlarından kaynaklandığını düşünüyor. Böyle bir durumda gök taşının farklı kısımları yüzeydeki farklı noktalara çarptığı için uzunlamasına bir şok dalgası oluşuyor olabilir. Yapılan bilgisayar simülasyonları, eliptik kraterleri mümkün kılan çarpışma açısının en fazla 15 derece olabileceğini gösteriyor.

Eliptik kraterler bize Güneş sisteminin geçmişi hakkında önemli bilgiler sunar. Dairesel olmayan kraterlerin sadece dar açılı çarpışmalar sonucunda ortaya çıktığı varsayımından yola çıkan bilim insanları, Mars'taki eliptik kraterleri inceleyerek gezegenin dönme eksenindeki eğikliğin son 3,5 milyar yılda ne kadar değiştiğini buldu.

Tıpkı Dünya'da olduğu gibi Mars'ın da dönme ekseni yörünge düzlemine dik değildir. Eksen eğikliğinin açısı, gezegenin yalpalayarak dönmesi (dönme ekseninin uzayda işaret ettiği noktanın belirli bir periyotla daire çizmesi) nedeniyle zaman içinde değişebilir. Mars'a çarpan cisimlerin çoğu Asteroit Kuşağı'ndan gelir. Gezegene hep aynı doğrultudan çarpan bu cisimlerin farklı enlemlerde oluşturduğu eliptik kraterlerin yoğunluğunu inceleyen bilim insanları, Mars'ın eksen eğikliğinin yaklaşık 20 derece yalpaladığını hesapladı. Gezegenimiz için bu değer yaklaşık 2,4 derecedir.

Kaynaklar

sciencefocus.com/space/why-are-impact-craters-always-circular
lpi.usra.edu/education/explore/shaping_the_planets/impact-cratering

Stocktrek Images, Inc. / Alamy

Yazın Hava Sıcaklığı **Vücudumuzunkinden Daha Düşük** Olsa Bile **Neden Sıcaklarız?**

İnsanlar için ortalama vücut sıcaklığı 37 °C'dir. Ancak yaz aylarında hava sıcaklığı bu dereceye yaklaştığında ya da ulaştığında çoğumuz rahat edemeyiz ve serinlemenin çeşitli yollarına başvururuz. Çünkü insanlar için ideal ortam sıcaklığı genellikle vücut sıcaklıklarından yaklaşık 15 °C daha düşüktür. Bunun nedeniyse vücudumuzun dış ortamla yaptığı enerji alışverişinde gizli.

Öncelikle insan vücudunun farklı bölümlerinin sıcaklıklarına bir göz atalım: Gövdemizin içinde sıcaklık, iç organlarımızın işlevsel biçimde çalışması için ideal değer olan 37 °C civarındadır. Ancak kol ve bacak gibi uzuvlarımızda sıcaklık, gövde içine kıyasla bir miktar daha düşük olma eğilimindedir. Cildimizin sıcaklığıysa genellikle 32 °C civarındadır. Vücudumuzun dış ortamla temas hâlinde olan yüzeyinin ortalama vücut sıcaklığından daha düşük olması, rahat edilen hava sıcaklığının neden 22 °C civarında olduğunu tamamen açıklayamaz. Çünkü 32 °C'lik hava da çoğunlukla rahatsız edici derecede sıcaktır.

Vücudumuzun düşük ortam sıcaklığına ihtiyaç duymasının kökeninde enerji dönüşümleriyle açığa çıkan ısı enerjisinden kurtulma gerekliliği yatar. Bu açıdan vücudumuz, sürekli işlem yaparak ısınan ve hava çıkışları yardımıyla serin tutulmaya çalışılan bir bilgisayar kasasına benzetilebilir. Trilyonlarca hücremizde gerçekleşen metabolik faaliyetler sonucunda büyük miktarda enerji açığa çıkar. Bunun sonucunda vücut içi sıcaklığının sürekli artması beklenebilir. Vücudumuz ise açığa çıkan ısı enerjisini etkin bir şekilde transfer ederek iç ortamı belirli bir sıcaklık aralığında tutmak için çeşitli yöntemler kullanır.

Sıcaklık dışındaki hava koşullarının da elverişli olması durumunda, 20 °C – 25 °C arasında sıcaklığa sahip bir ortamda çoğu insanın vücudunda ısı transferi verimli biçimde gerçekleşir. Bu koşullarda cilt çevreden daha sıcak olduğu için cilde temas eden hava moleküllerine ciltteki enerjinin bir kısmı aktarılır. Kinetik enerjisi artan bu moleküller ciltten uzaklaşırken yerlerini alan daha soğuk moleküller cilde temas eder. Konveksiyon adı verilen bu süreç yoluyla vücuttan havaya ısı enerjisi iletilir.

Havanın ciltle aynı veya daha yüksek sıcaklığa sahip olması durumunda vücut farklı yöntemler dener. Bunlardan biri kan akışını hızlandırmaktır. Kanın sıcaklığı ciltten daha yüksek olduğu için cildin sıcaklığını yükselterek havadan daha sıcak hâle gelmesini sağlar. Bir diğer yöntem ise terlemedir. Terdeki su buharlaşarak gaz hâline geçerken ciltten enerji alır ve bu sayede vücut serinletilir. Sıcak ve nem oranı yüksek bir ortamda ise havadaki su molekülü yoğunluğu fazla olduğundan, terin buharlaşması zorlaşır ve ısı transferi yavaşlar. ■

Antonio Guillem Fernández / Alamy

Kaynaklar

atmo.arizona.edu/students/courselinks/fall12/atmo336/lectures/sec1/comfort.html
sciencefocus.com/the-human-body/if-our-body-is-about-37c-why-does-30c-feel-so-hot
scientificamerican.com/article/why-people-feel-hot

Formula 1 Araçlarının Aerodinamik Tasarımı

Gürkan Caner Birer [*Bilgisayar Mühendisi*

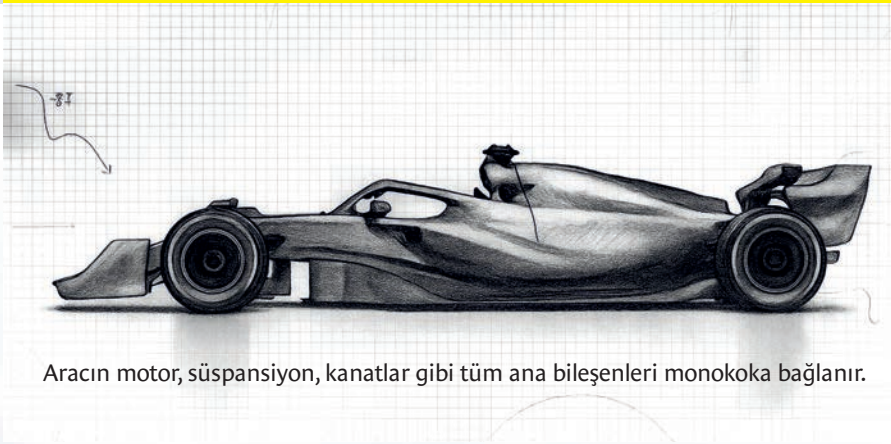
Formula 1, hızın ötesinde bir dünya. Her an, her vida, her karar büyük bir anlam taşıyor. Bu spor, bilim ve mühendisliğin dans ettiği bir sahne. Riskler devasa, hata payı ise yok denecek kadar az. İşte bu yüzden Formula 1, saatte 370 kilometre hızla mükemmelliği arayan eşsiz bir gösteri. Âdeta bir hız senfonisi! *Bilim ve Teknik* Mayıs 2025 sayısında Formula 1'in temellerini ve uygulanmaya başlanan bazı kural değişikliklerini ele almıştık. Haziran 2025 sayısında yayımlanan ikinci bölümde özellikle son dönemdeki yeniliklere ve Formula 1 arabalarını bu kadar özel kılan başlıca teknolojik gelişmelere odaklanmıştık. Formula 1 hız senfonisi yazı serisinin bu ayki bölümünde ise Formula 1 araçlarının tasarım, özellikle de aerodinamik tasarım detaylarını inceleyeceğiz.

daskul / iStock

Formula 1 araçlarının tasarımı, yüksek teknoloji ve mühendisliğin zirvesini temsil eder. Aracın tasarımı malzeme bilimi, aerodinamik ve yapısal mühendisliğin mükemmel bir kombinasyonudur. Gövdenin temelini oluşturan şasi, tek parça karbon fiber monokok yapıdadır ve sürücünün etrafında bir koruma hücresi görevi görür. Bu monokok sadece 35 kg ağırlığında, çelikten iki kat güçlü ve beş kat hafiftir. Çok katmanlı karbon fiber dokular ve bal peteği desenli takviyelerle elle üretilen monokok, yüksek hızlarda oluşan devasa aerodinamik yüklere ve çarpma anındaki şiddetli darbelere dayanacak şekilde tasarlanır. Örneğin Giancarlo Fisichella, 1997'de Silverstone'da 227 km/sa hızla kaza yapıp 0,72 saniyede durmasına rağmen sadece hafif bir sakatlıkla yürüyerek kurtuldu. 12 kat karbon fiber dokunun kat kat el ile yerleştirilip otoklavda pişirilmesiyle oluşan monokok şasisinin üretim maliyeti yaklaşık 700 bin dolar civarındadır.

Modern bir Formula 1 aracının gövdesi, karbon fiber kompozitlerin yanı sıra Zylon gibi özel malzemelerle de güçlendirilir. Aracın toplam ağırlığı (sürücü dahil, yakıt hariç) 798 kg civarındadır. Takımlar bu sınırı yakalamaya çalışır. Minimumun altına inebilirlerse şasiye stratejik konumlarda balast ekleyerek ağırlık dağılımını mükemmelleştirirler. 2022'de değişen kurallarla araçlar tarihin en ağır Formula 1 araçları oldu ve çoğu takım minimum 795-798 kg sınırının üstünde kaldı, Alfa Romeo ise sınırı tutturabilen tek ekipti.

"Halo" kokpit koruması yaklaşık 7 kg'dır ve minimum ağırlık sınırını yükseltmiştir.



Aracın motor, süspansiyon, kanatlar gibi tüm ana bileşenleri monokoka bağlanır.

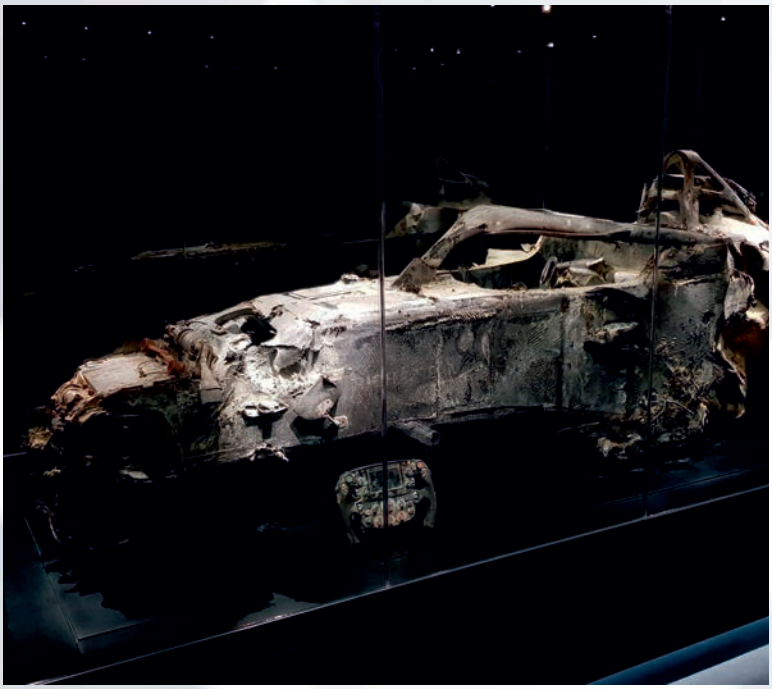
Formula 1 mühendisleri, aracın ağırlık merkezini olabildiğince aşağı çekmek ve ideal dengeyi yakalamak için her parçayı hassas biçimde konumlandırır. Örneğin motor ve şanzıman sadece güç aktarmakla kalmaz aynı zamanda şasiye entegre taşıyıcı yapının bir parçasıdır. Süspansiyon kolları ve dikmeler gibi elemanlar da titanyum ve karbon fiber gibi malzemelerle üretilerek hem hafiflik hem dayanıklılık sağlanır. Günümüz araçlarının aerodinamik tasarımı da şasiyle bütünleşiktir: Burun yapısından yan pontonlara kadar her kısım rüzgâr tüneli verilerine göre şekillendirilir.

Tasarım sürecinde bilgisayar destekli mühendislik büyük rol oynar. Takımlar, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) ve sonlu eleman analizleri ile parçaları sanal ortamda test edip optimize eder. Hatta üç boyutlu (3D) yazıcılar sayesinde rüzgâr tüneli modelleri ve prototip parçalar hızlıca üretilip denenir.

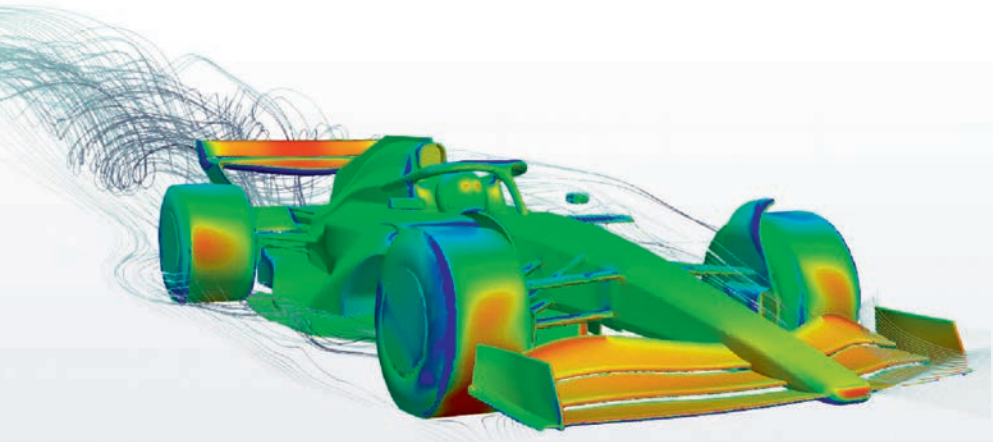
Örneğin McLaren, yılda 9000'den fazla parçayı 3D yazıcılarla üreterek tasarım döngüsünü hızlandırmakta. Bu hızlı prototipleme, yeniliklerin pistte veya tünelde vakit kaybetmeden sınanmasına olanak tanır.

Üç boyutlu yazıcılarla parçaların üretimini gösteren bir videoyu izlemek için https://youtu.be/dSgJ9Hp7Wnw adresini ziyaret edebilir veya aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz.

Lazer tarayıcılarla parçaların üç boyutlu modellerinin çıkarılmasını gösteren bir videoyu izlemek için https://youtu.be/I5EwsQHpZYw adresini ziyaret edebilir veya aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz.

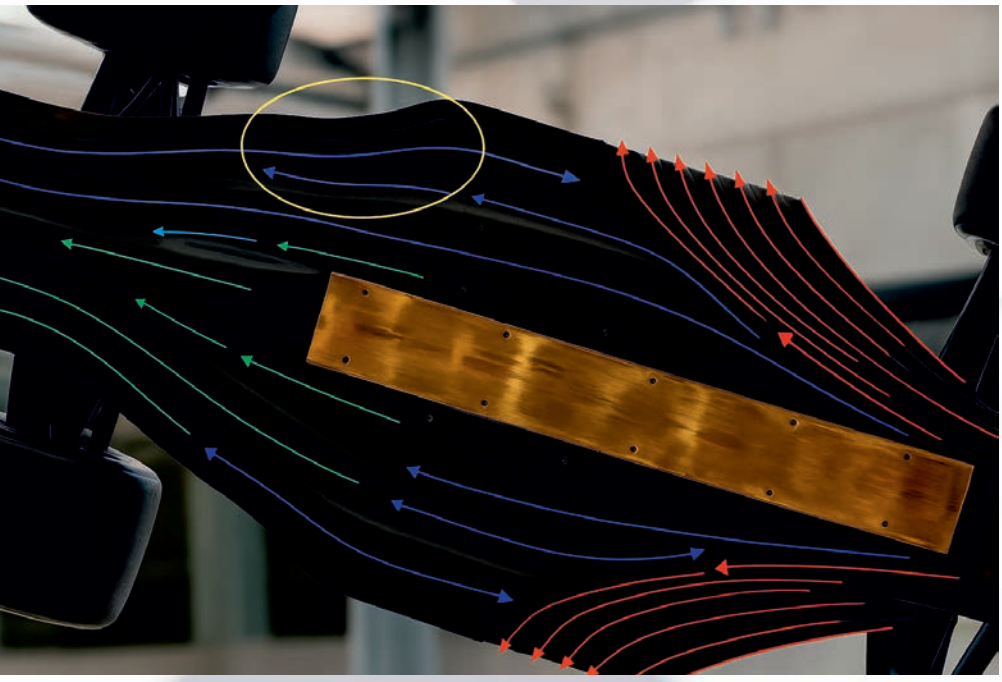


2020 Bahreyn Grand Prixde Romain Grosjean'ın bariyerlere şiddetle çarpıp alevler içinden çıkabilmesinde monokok yapının büyük rolü vardı. Araçtan geriye kalanlar müzede sergileniyor.



Aerodinamik

Bir Formula 1 aracı, hızını ve yol tutuşunu büyük ölçüde aerodinamik tasarımına borçludur. Aşağı basma kuvveti (downforce) sayesinde Formula 1 araçları âdeta pistlere yapışır ve yüksek hızda dahi virajları inanılmaz süratlerle dönebilir. Modern bir Formula 1 aracı, maksimum hızda yaklaşık 5G'lik bir basma kuvveti üretebilir. Yani kendi ağırlığının 5 katı kadar bir kuvvetle yere basar. Bu muazzam aerodinamik tutuş sayesinde tavan düz gidecek kadar (teoride tavana yapışabilecek kadar) yere basma kuvvetine ulaşılır. Kanatlar ve gövde şekilleri uçak kanadının tersine çalışarak aracın üzerine doğru kuvvet uygular. Böylece lastiklere binen yük artar ve mekanik tutuş yükselir. Bir Formula 1 aracının performansının büyük bölümü ürettiği basma kuvvetine bağlıdır. Nitekim karmaşık ön kanat tasarımlarının amacı bu kuvveti maksimize etmektir.



Aracın tabanında Venturi tünelleri olarak bilinen oyuklar hava akışını yönlendirir

Aerodinamik tasarım, sadece maksimum aşağı basma değil aynı zamanda sürüklenme direnci (drag) ile mücadeleyi de içerir. Mühendisler, yüksek hızda aracı yavaşlatan hava direncini azaltırken virajlarda yere basma kuvvetini artırma arasında ince bir denge kurar. Bu nedenle araçlar pistten piste farklı aero ayarlarla kullanılır. Uzun düzlükleri olan Monza gibi pistlerde daha düşük kanat açıları (düşük aşağı basma, düşük drag), bol virajlı Monaco gibi yerlerde ise yüksek kanat açıları tercih edilir. Ayrıca DRS (Drag Reduction System) gibi yenilikler düzlüklere çıkıldığında arka kanadı açarak geçici olarak sürüklenme direncini düşürüp hız kazandırmak için tasarlanmıştır.

2022 sezonunda yürürlüğe giren yeni aero kuralları, yer etkisi (ground effect) denilen prensibi ön plana çıkarmış ve araç

tabanını basma gücü üretiminin merkezine koymuştur. Araçların tabanındaki Venturi tünelleri ve geniş difüzörler, bir "ters kanat" gibi çalışarak aracın altındaki havayı hızlandırıp basıncını düşürür. Bu sayede önden akan hava, büyük oranda aracın altında yüksek basma gücü üreterek geçer. Ancak 2022'de bu radikal değişiklik beklenmedik bir etki doğurdu: Zıplama (porpoising) adı verilen yüksek hızda aracın yaylanıp sekme sorunu. Birçok takım, özellikle sezon başında bu dalgalanmayı azaltmak için araç yüksekliklerini ve süspansiyon sertliklerini ayarlamak zorunda kaldı. Sezon ilerledikçe aerodinamik iyileştirmelerle bu sorun büyük ölçüde çözüldü.

Aerodinamik geliştirme, Formula 1'de bitmek bilmeyen bir yarıştır. Takımlar her yarışta neredeyse yeni bir kanat veya yeni bir gövde detayı ile gelir. 2017'de değişen kurallarla ön ve arka kanatlar daha karmaşık çok elemanlı yapılar hâline gelmişti ve bu parçaların tasarımı küçük bir ekip için bile milyonlarca dolar tutan bir Ar-Ge alanıydı. 2022'de kurallar sadelik yönünde değiştirilip kanatlarda "süpürgelik" ve karmaşık parça sayısı azaltılsa da takımlar yine yaratıcılıklarını konuşturarak çeşitli çözümler buldular. Örneğin

Rüzgâr tüneli

bazı araçlar, ön burnunda hava kanalı (S-duct) kullanarak akışı yönetirken bazıları yan ponton tasarımında devrimsel yaklaşımlar denedi. Aston Martin'in 2025 aracı AMR25'in aerodinamik yüzeylerinin %90'ından fazlası bir önceki yıla göre yenidir. Burun, kanatlar, yan ponton ve taban tasarımında kapsamlı değişiklikler yapılmıştır.

Rüzgâr tünelleri ve sayısal akış simülasyonları (CFD), aero tasarımın bel kemiğidir. Takımlar, %60 ölçekli modelleri rüzgâr tünellerinde test ederek kanat profillerini, difüzör ve yan etek şekillerini optimize eder. Geçmişte büyük takımlar, tünellerini 7/24 çalıştırıp binlerce saat test yapabilirken günümüzde rekabeti dengelemek için aerodinamik test kapasitesini kullanım hakkına sıkı kısıtlamalar getirilmiştir. Örneğin 2021'den itibaren yürürlüğe giren Aerodinamik Test Kısıtlaması ile şampiyonada üst sıralardaki ekiplere rüzgâr tüneli testleri için verilen süre azaltılırken alt sıralardakilere daha fazla hak tanınmıştır. Bu sayede şampiyonada alt sıralarda yer alan takımlara araçlarını geliştirme fırsatı verilir. Bir Formula 1 aracının her yarış öncesinde 100'den fazla farklı aerodinamik ayar simülasyonlarda test edilir, ancak bunlardan yalnızca birkaç tanesi pistte kullanılmak üzere seçilir.

Flo-vis, hava akışının aracı nasıl etkilediğini anlamak için kullanılan bir" tür boya. Antrenman turlarında araca sürülür ve sonrasında kızılötesi ışık kullanılarak ayrıntılı şekilde fotoğraflanır.

Aerodinamik kafes, metal bir çerçeveye yerleştirilmiş çok sayıda pitot tüpünden (havanın akış hızını ölçmeye yarayan cihaz) oluşur. Takımlar, bu tür cihazları kullanarak pist testlerinde hava akışının ayrıntılı ölçümlerini yapar. Elde edilen veriler, rüzgâr tüneli ve CFD simülasyonlarının sonuçlarıyla karşılaştırılarak simülasyonlarda kullanılan aerodinamik modellerin doğruluğu geliştirilir. Bu sayede yüksek hızda aracın etrafındaki hava akımı optimize edilerek daha fazla yere basma kuvveti elde etmek ve araca etki eden sürüklenme kuvvetini azaltmak mümkün olur.

Rüzgâr tüneli testleri dışında hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) simülasyonları da aerodinamik tasarımların geliştirilmesinde kritik rol oynar. Günümüzdeki takımlar, süper bilgisayarları kullanarak saniyede milyonlarca hesaplama yaparak aracın etrafındaki hava akımını son derece ayrıntılı biçimde simüle edebilir. Bu simülasyonlar, aracın etrafındaki hava akışını dijital ortamda görselleştirip kanat veya gövde tasarımında yapılması

planlanan değişikliklerinin etkisinin, üretimden önce tahmin edilmesini sağlar. Elbette simülasyonlar gerçek testlerin yerini tutmaz. Bu yüzden pist üzerinde flow-vis boyası veya aerodinamik kafes (aerodynamic rake) gibi yöntemlerle veri toplanır. Takımlar, antrenman turlarında araçların üzerine floresans yaparak yeşil ışık yayan bir boya sürerek hava akımının aracın etrafında nasıl ilerlediğini gözlemler veya aracın arkasına, havanın akış hızını ölçen sensörlerden oluşan bir aerodinamik kafes takarak hava akış hızının aracın farklı noktalarındaki dağılımını belirler.

Formula 1 araçlarında aerodinamik açıdan geçmişten günümüze büyük ilerlemeler kaydedildi. 1970'lerin sonunda Lotus 79 gibi araçlar, aracın altındaki hava basıncını düşürerek yol tutuşunu önemli ölçüde artımış ve bu tasarım Mario Andretti'ye şampiyonluğu kazandırmıştı. Yer etkisini maksimuma çıkarmayı amaçlayan tasarımlar 1980'lerde güvenlik nedeniyle yasaklansa da bu prensip 2022'de yeni tasarımlarla yeniden uygulanmaya başlandı. Günümüzde bir Formula 1 aracının tabanı, yere basma kuvvetinin büyük kısmını üretirken ön ve arka kanatlar, aracın etrafındaki hava akımını yönlendirerek aerodinamik dengeyi sağlamaya yardımcı olur. Bir arka kanat, küçük boyutuna rağmen
8 farklı parçadan meydana gelebilir ve maliyeti
150 bin dolara ulaşabilir.

Formula 1'de aerodinamik, hızın ardındaki kilit etkendir. Ön kanattan difüzöre kadar aracın her yüzeyi hava ile etkileşime girerek aracın yere dayha iyi tutunmasını sağlamak ve araca etki eden sürüklenme kuvvetini azaltmak için tasarlanır. Doğru aerodinamik denge,

virajlarda kazanılan saniyeler ve düzlüklerde ulaşılan hızda 20-30 km/sa artış anlamına gelir. Bu nedenle takımlar için aerodinamik geliştirme yarışı, pistteki yarış kadar çekişmeli ve sürekli bir mücadeledir.

Formula 1 yazı serisinin önümüzdeki ay yayımlanacak dördüncü bölümünde, modern Formula 1 araçlarının güç üniteleri ve lastiklerinin yanı sıra pit stop stratejilerinin ve mekanik ekiplerin rolünü ele alacağız. ■

Kaynaklar

• Motor Sport Magazine – "How much does an F1 car cost?", şasi ağırlığı ve malzeme bilgisi, https://bit.ly/3F9P0gI
• F1 Chronicle – "What is a Monocoque?", monokok üretimi ve kaza örneği, https://bit.ly/3FbAxRo
• Aston Martin AMR25 teknik özellikleri, 2025 şasi ve ağırlık verileri, https://bit.ly/3FeKs8R
• Motorsport.com – "How much does an F1 car weigh in 2023?", Halo ve ağırlık artışı bilgisi, https://bit.ly/3QRZlQX
• 3Dnatives – "What Role Does 3D Printing Play in Formula 1?", 3B baskı ile parça üretim rakamları, https://bit.ly/4hmvf2S
• National World – "How much downforce can an F1 car produce?", modern F1 downforce ~5g bilgisi, https://bit.ly/3QUUL4u
• Wikipedia – "Downforce", aşağı basma kuvvetinin prensipleri ve etkisi, https://en.wikipedia.org/wiki/Downforce
• RacingNews365 – "Aerodynamics in F1", zemin etkisi taban (floor) işlevi ve porpoising açıklaması, https://bit.ly/3QVo9aM
• Formula1.com – "Sliding scale aero testing", rüzgâr tüneli kısıtlamaları ve yüzde değerleri, https://bit.ly/4byV52k

Ingram Publishing / Alamy

Navigasyon Ustası

Deniz Kaplumbağaları

Hayriye Yetiş Avcı [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Deniz kaplumbağaları, beslenme ve üreme bölgeleri arasında binlerce kilometre göç eden canlılar olarak bilim dünyasında uzun süredir dikkat çekiyordu. Bilim insanları bu canlıların daha önce besin buldukları belirli bölgelerin konumlarını Dünya'nın manyetik alanını kullanarak öğrenebildiklerinden ve sonrasında hatırlayabildiklerinden şüphelenseler de bu fikri destekleyecek somut bir kanıt şimdiye kadar elde edilmemişti.

Kuzey Carolina ve Texas A&M üniversitelerinden bilim insanlarının gerçekleştirdiği araştırmada, bir deniz kaplumbağası türü olan *Caretta caretta*'ların farklı coğrafi bölgeleri, manyetik alanları sayesinde ayırt etmeyi öğrenebildiğine dair ilk somut veriler elde edildi. Geçtiğimiz aylarda *Nature* dergisinde yayımlanan çalışma, iribaş deniz kaplumbağası olarak da bilinen *Caretta ceratta*'ların, yeryüzünün manyetik alanını hem yön tayini için bir pusula hem de coğrafi konum belirleme için bir harita gibi kullandığını ortaya koydu. Araştırma aynı zamanda navigasyon konusunda gelişmiş yeteneklere sahip olan *Caretta caretta*'larda bu iki işlevin, farklı biyofiziksel mekanizmalara dayandığını gösteriyor.

Araştırmacılar, laboratuvar ortamında bir grup *Caretta caretta* ile iki ay süren bir deney gerçekleştirdi. Çalışmada iki farklı deney ortamında, Dünya üzerindeki iki farklı coğrafi bölgenin manyetik özellikleri yapay olarak oluşturuldu. Deniz kaplumbağalarına ortamın birinde yiyecek verilirken diğerinde verilmedi. Böylece iki farklı ortamın manyetik alanları ile yiyecek arasında bağ kurmaları sağlandı. Deneyin ikinci aşamasında ise kaplumbağalara yiyecek verilmedi. Kaplumbağalar tekrar bu iki ortama bırakıldıklarında, daha önce beslendikleri ortamda "yemek dansı" olarak adlandırılan ve yiyecek beklentisini yansıtan özel hareketler sergiledi. Bu hareketler dik durma, kafayı suyun üzerine çıkarma, ağız açma ve ön yüzgeçlerle hızlı hareketler gibi yiyecek beklentisiyle ilgili birtakım işaretlerden oluşuyordu. Üstelik kaplumbağaların besinle ilişkilendirdikleri bölgenin manyetik özelliklerini, deneyden dört ay sonra hatırlayabildiği belirlendi. Bu durum, kaplumbağaların öğrendikleri manyetik alan bilgilerini uzun süre belleklerinde tutabildiklerini gösteriyor.

Deneyin başka bir aşamasında elde edilen önemli bir bulgu da *Caretta caretta*'ların bir bölgenin manyetik alan şiddeti ve manyetik alan eğim açısı (manyetik alan çizgileri ile dünya yüzeyi arasında oluşan açı) gibi manyetik özelliklerini birlikte öğreniyor olması. Örneğin kaplumbağalar, daha önce yiyecek verilen ortamın manyetik eğim açısına ve

yiyecek verilmeyen ortamın manyetik alan şiddetine sahip olan yeni bir ortama maruz bırakıldığında, bu alanı besinle ilişkilendirilen bölgelerden biri olarak hatırlayamadı. Yani kaplumbağaların bir bölgenin konumunu hatırlayabilmesi için o yerin her iki manyetik alan değişkeninin, daha önce besinle ilişkilendirdiği ortamınkiyle aynı olması gerekiyor.

Araştırmanın beki de en heyecan verici sonuçlarından biri, kaplumbağaların manyetik alanları algılamak için iki farklı biyofiziksel mekanizma kullandığının anlaşılmasıydı. Araştırmacılar, kaplumbağaların manyetik alan algısının biyolojik açıdan nasıl bir mekanizmaya dayandığını, 0,1 MHz ila 10 MHz arasında değişen frekanslardaki (hareketin bir saniyede kaç kez tekrarlandığının ölçüsü) radyo dalgalarıyla test etti. Kaplumbağaların konum belirlemek için kullandıkları harita algısı, radyo dalgalarından etkilenmezken yön bulmak için kullandıkları pusula algısı, radyo dalgaları nedeniyle bozuldu. *Caretta caretta*'ların manyetik alanları algılamada iki farklı mekanizmaya sahip olduğunu gösteren bu çalışma, bazı göçmen hayvanların Dünya'nın manyetik alanını nasıl algıladığına dair yeni bakış açıları sunuyor.

Araştırma sonuçları, canlıların doğada yön bulmalarını ve konum belirlemelerini sağlayan mekanizmaların karmaşıklığını bir kez daha gözler önüne sererken bu sistemlerin henüz tam olarak anlaşılmamış kısımlarıyla ilgili de önemli veriler içeriyor. Deniz kaplumbağalarının navigasyon becerilerine dair sırları çözmeye yardımcı olan bu veriler, uzun mesafe göç eden kuş ve balık türleriyle ilgili merak edilen birçok soruya da ışık tutacak nitelikte. ■

Kaynak

https://www.nature.com/articles/s41586-024-08554-y

Cilt Mikrobiyomu Güneşe Karşı

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Güneş ışığına maruz kaldığınızda yalnızca cilt hücreleriniz değil, cildinizde yaşayan bakteriler de biyokimyasal tepki verir. Yeni araştırmalar, bazı cilt mikroorganizmalarının UV ışınlarının zararlı etkilerini azaltabilecek molekülleri parçaladığını gösteriyor. Cilt mikrobiyomunun bu beklenmedik rolü, güneşten koruma stratejilerimizi ve cilt sağlığına bakışımızı kökten değiştirebilir.

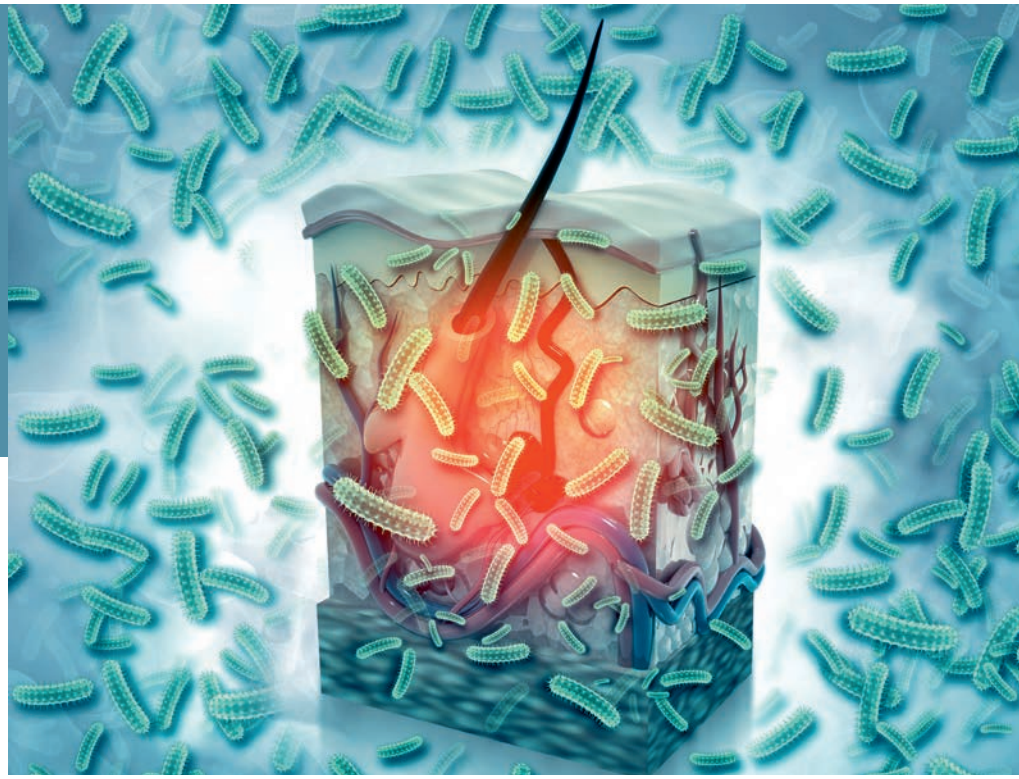
Cildimiz yalnızca bir koruyucu tabaka değil aynı zamanda milyonlarca bakteri, mantar ve virüsün yaşadığı zengin bir mikrobiyal ekosistemdir. Bu "cilt mikrobiyomu", kişiden kişiye, vücudun farklı bölgelerine ve çevresel koşullara göre değişiklik gösterir. Genellikle zararsız olan bu mikroorganizmalar, cilt üzerinde çeşitli maddeler üreterek cilt hücreleriyle etkileşime girer. Son yıllarda bilim insanları, bu etkileşimlerin sağlık üzerindeki etkilerini daha yakından incelemeye başladı. Yeni bir araştırma ise bu mikropların, güneşin zararlı ultraviyole (UV) ışınlarına karşı bizi korumada da rol oynayabileceğini gösteriyor.

Nadezhda1906 / iStock

Güneş ışığına maruz kaldığımızda cilt hücreleri, savunma mekanizması olarak cis-urokanik asit adlı bir molekül üretir. Bu molekül, cildin en dış tabakasında yer alan trans-urokanik asidin UV ışığına maruz kalmasıyla oluşur. Ancak bazı cilt bakterileri bu molekülü parçalayarak etkisiz hâle getirebiliyor. Böylece UV ışığına bağlı hücresel hasarın azaltılmasına katkı sağlıyorlar. Bu durum, cildimizde yaşayan bakterilerin hiçbir aktif rolü bulunmayan organizmalar olmadığını olmadığını, çevresel tehditlere karşı biyolojik bir savunma hattı oluşturduklarını düşündürüyor.

Üstelik cis-urokanik asit, başlı başına ilginç bir molekül. Bağışıklık sistemini baskılayabiliyor, serotonin reseptörlerine bağlanarak oksidatif DNA hasarına yol açabiliyor ve cilt kanseri gelişimiyle ilişkilendiriliyor. Ancak bazı deneylerde bu molekülün doğrudan bir tümöre enjekte edildiğinde tümör ortamını asitleştirerek kanser hücrelerini öldürebildiği de gözlemlenmiş. Yani duruma bağlı olarak hem zararlı hem de potansiyel olarak tedavi edici bir etki gösterebiliyor.

Bu bağlamda yürütülen çalışmalarda *Staphylococcus epidermidis* gibi yaygın cilt bakterilerinin, urokanaz adlı bir enzim sayesinde cis-urokanik asidi parçalayabildiği keşfedildi. Bu bulgu, cilt mikrobiyomunun yalnızca yüzeyde duran pasif bir katman olmadığını, bağışıklık sistemini düzenleyen aktif bir yapı olduğunu gösteriyor. Araştırmayı yürüten ekip, fareler üzerinde genetik analizler, bağışıklık testleri ve laboratuvar kültürleri ile UV ışığına maruz kalan ciltte bu bakterilerin cis-urokanik asidi nasıl metabolize ettiğini ortaya koydu. Bulgular, bakterilerin bu molekülü parçalayarak bağışıklık sistemini baskılayan etkileri azalttığını böylece ciltteki bağışıklık dengesini hassas bir şekilde yönettiğini gösterdi.



Mohammed Haneefa Nizamudeen / iStock

Fransa'daki Enfeksiyon Araştırmaları Uluslararası Merkezinden cilt immünoloji uzmanı Dr. Marc Vocanson, bu çalışmayla birlikte ilk kez UV ışınları, vücutta üretilen bir molekül ve bakteriyel davranış arasında doğrudan metabolik bir bağ kurulduğunu belirtiyor. Araştırma, yalnızca güneşin zararlı etkilerine karşı değil, bağışıklık hastalıkları ve fototerapi gibi alanlarda da yeni bakış açıları sunabilecek potansiyele sahip.

Avusturya'daki Graz Tıp Üniversitesinden fotodermatolog Dr. Peter Wolf ise bu bulguların mikrobiyomun güneş ışınlarına karşı cilt korumasında kullanılabileceği, yeni bir yaklaşımın temellerini attığını düşünüyor. Ona göre gelecekte cilde uygulanabilecek biyolojik içerikli tedavilerle bu bakterilerin cis-urokanik asidi metabolize etme kapasiteleri artırılabilir veya azaltılabilir. Böylece bağışıklık tepkileri istenilen şekilde yönlendirilebilir ve fototerapi gibi uygulamalarda bu bakterilerden daha bilinçli şekilde yararlanılabilir. Özellikle akne, egzama, sedef hastalığı ya da D vitamini eksikliği gibi durumlarda uygulanan fototerapiden yani ışık tedavilerinden önce belirli bakterilerin geçici olarak ciltten uzaklaştırılması tedavi etkinliğini artırabilir.

Cilt mikrobiyomunun yaş, cinsiyet, hormonlar, çevresel kirlilik, beslenme ve hatta meslek gibi pek çok etkene bağlı olarak değişebildiğini belirten araştırmanın başyazarı Dr. VijayKumar Patra, bu çalışmada UV ışığıyla bakteriyel aktivite arasında ilk kez doğrudan bir bağ kurulduğunu vurguluyor. Özellikle mikrobiyal metabolizma ile bağışıklık sistemi arasındaki ilişki, çalışmanın odak noktasını oluşturmuş durumda. Aynı zamanda güneş koruyucu ürünlerle cis-urokanik asit ve bakteriler arasında nasıl bir etkileşim olduğunu da anlamaya çalışan ekip, bu etkileşimlerin ciltteki bağışıklık tepkisini nasıl etkilediğini ve dışarıdan müdahalelerle nasıl değiştiğini araştırıyor.

1928 yılında Avustralyalı kimyager Milton Blake tarafından ilk UVB koruyucu krem geliştirildiğinde mikrobiyom kavramı henüz bilinmiyordu. Bu terim bilimsel literatüre ancak 2001'de girdi. Bugün ise cildimizde yaşayan mikroorganizmaların sağlığımız üzerindeki rolü giderek daha net anlaşılıyor. Elbette bu bakteriler tek başına güneşin zararlı etkilerine karşı tam koruma sağlayamıyor. Uzmanların önerdiği güneş koruma yöntemleri hâlâ hayati önem taşıyor. Ancak artık biliyoruz ki cildimizin gözle görünmeyen "sakinleri" de bu mücadelede bizimle birlikte çalışıyor. Belki de gelecekteki güneş koruyucular, kimyasal değil, mikrobiyom dostu biyolojik formüllere sahip olacak. ■

Kaynak

ViyajKumar, P. ve ark., "Urocanase-Positive Skin-Resident Bacteria Metabolize cis-Urocanic Acid and in Turn Reduce the Immunosuppressive Properties of UVR", *Journal of Investigative Dermatology*, 13 Mayıs 2025. DOI: 10.1016/j.jid.2025.03.035

Mikrokabarcık Gücüyle

Suyu Kimyasallardan Arıtma

Dr. Morteza Ghorbani, Prof. Dr. Ali Koşar

[*Sabancı Üniversitesi (SÜ) Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, SÜ Fonksiyonel Yüzey ve Arayüzeyler Mükemmeliyet Merkezi (EFSUN), SÜ Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM)*

Dünya yüzeyindeki su rezervlerinin sadece %1'i içilebilir su niteliğinde. Bu kadar kısıtlı miktarlarda bulunan içilebilir suya olan talep ise her geçen gün artmakta. Peki ihtiyaç duyulan suyu sürdürülebilir kılmak mümkün mü? Bu bağlamda mevcut su kaynaklarını daha verimli kullanmak ve korumak için mikrokabarcık teknolojisinden yararlanarak kirlenen suları arıtmak mümkün olabilir. Bu teknoloji, su arıtımında çevre dostu, enerji verimli ve zararlı kimyasal maddelerin kullanımını azaltan bir tekniği içermesi nedeniyle suyun sürdürülebilirliğine katkı sağlarkengeleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük maliyetli ve çevreye daha az zararlı.

Pongsakornjun / iStock

Küresel nüfus artışı, iklim değişikliği, su kaynaklarının eşit dağılmaması ve sanayi sektöründeki gelişmeler içilebilir su talebinde keskin bir artışa neden oluyor. 1900'lü yılların başlarında 1,6 milyar olan dünya nüfusu 2022 yılında 8 milyarı aştı. Nüfus artışıyla birlikte iklim değişikliğinin sebep olduğu olduğu kuraklık ve su kaynaklarının azalması nedeniyle içilebilir suya olan talep küresel ölçekte arttı. Su kaynaklarının coğrafi olarak dünyanın her bölgesinde dengeli bir şekilde dağılmaması, suya erişimi kısıtlı bölgelerde içilebilir su talebinin hızla artmasına neden olmakta.

Ayrıca sanayi ve tarım üretiminde artan su kullanımı içilebilir suya olan talebin yükselmesine neden oldu. Bu bağlamda insanın en temel ihtiyacı olan suyun temini sorununun çözülmesi ve sürdürülebilir su kaynaklarının geliştirilmesi yakın gelecek için büyük önem taşıyor. Suyu gezegenimize dış kaynaklardan getiremeyeceğimize göre mevcut su rezervini dikkate alarak çözümler üretmemiz gerekiyor. Bu noktada atık su arıtma yani atık suyun kirleticilerden arındırılarak doğal çevrenin su döngüsüne aktarılması yıllardır uygulanan bir yöntem olarak karşımıza çıkıyor.

Geleneksel atık su arıtma işlemi ön, birincil, ikincil ve üçüncül arıtma aşamalarını içerir. Ön adımda atık suyun içindeki büyük hacimli ve kütleli inorganik katılar, diğer büyük nesneler ve aşırı miktarda bulunan yağ sudan ayrıştırılır. Birincil arıtma aşamasında çökelebilen organik ve inorganik maddelerin atık sudan ayrıştırılması veya uzaklaştırılması amaçlanır. Bu fiziksel süreçte yoğunluğu düşük olduğu için suyun yüzeyinde kalan katı maddeler akış hızının azaltılmasıyla yüzeyde toplanabilir. İkincil arıtma, birincil aşamadan daha karmaşık olan ve atık sudan fiziksel süreçlerle uzaklaştırılması mümkün olmayan biyolojik kirleticileri önemli ölçüde en aza indirmeyi amaçlayan biyolojik bir süreçtir. Üçüncül aşamada doğal su kaynaklarına deşarj edilmeden yani bırakılmadan veya yeniden kullanılmadan önce suyun çevresel etkisi en aza indirilerek yani içinde kalan kirleticiler uzaklaştırılarak su kalitesinin artırılması amaçlanır. Bu işlemler genellikle ileri oksidasyon işlemleri, aktif karbon adsorpsiyonu vb. gibi kimyasal ve fiziksel yöntemlerin bir arada kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Özellikle organik kirleticileri yok ederek suyun yeniden kullanılabilecek şekilde ileri düzeyde arıtılmasını sağlayan

Kavitasyon Kabarcığı Döngüsü

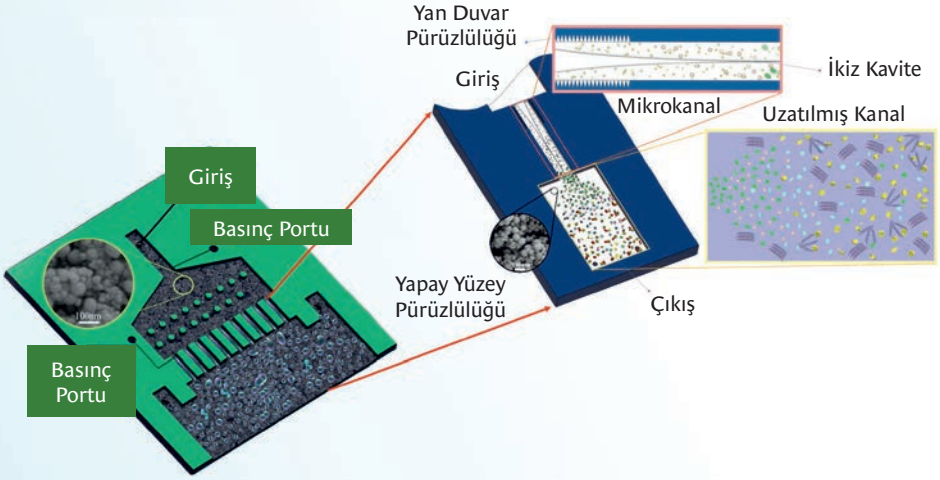
ileri oksidasyon işlemleri (AOP) arasında en önemlilerden biri kavitasyon döngüsü olup bunlar içinde en popüler olanı da akustik kavitasyondur. Akustik kavitasyon, ses dalgaları sayesinde sıvıda oluşan kabarcıkların çökmesiyle yüksek enerji açığa çıkaran bir kavitasyon türüdür.

Kavitasyon; buharlaşma, kabarcık oluşumu ve kabarcık patlamasından oluşan aşamalı bir döngüdür. Kavitasyon, bir akışkan sisteminde yerel statik basınç (akışkanın belirli bir noktasındaki basınç) kritik bir değerin altına düştüğünde meydana gelir ve en önemli faz değişimi olaylarından biri olarak kabul edilir. Kavitasyon sistemlerinde kullanılan orifis veya ventüri gibi akış kısıtlayıcı elemanlar veya turbo makineler yerel basınçta ani bir düşüş sağlayarak akışkanın içinde küçük kavitasyon kabarcıkları oluşturulabilir. Ortaya çıkan kavitasyon kabarcıklarının çökmesi, yüksek miktarda enerji salımına yol açar. Bu durumda akışkan içinde oluşan şok dalgaları ve yüksek hızlı jetler (ani ve hızlı sıvı akışı) belirli noktalarda yerel sıcaklığı önemli ölçüde artırabilir. Daha önceki araştırmalar, mikro ölçekteki (metrenin milyonda biri) kavitasyon kabarcıklarının çökmesi sonucu akışkanın içinde sıcaklığı 1.000 K (~730 °C)'nin üzerine ulaşan sıcak noktalar ve hızı saniyede 300 metreyi aşan yüksek hızlı mikrojetlerin ortaya çıktığını gösteriyor.

miss_j / iStock

Son on yılda mikroakışkan sistemler alanında yaşanan gelişmelerle birlikte hidrodinamik kavitasyon olarak isimlendirilen ve su akışında oluşan bu kavitasyon yönteminin, ses dalgalarıyla oluşturulan ultrasonik kavitasyon yöntemine önemli bir alternatif olabileceği düşünülmeye başlandı. Ancak akışkanların içinde gerçekleşen kavitasyon süreci makro ve mikro ölçekte farklı özellikler gösterebilir. Mikro ölçekteki kanallarda gerçekleşen hidrodinamik kavitasyon üzerine yapılan öncü çalışmalar, mikro ölçekteki kavitasyonun benzersiz özelliklere sahip olduğunu ortaya koyuyor. Örneğin mikro ölçekte kavitasyonun başlatılması makro ölçektekiyle karşılaştırıldığında daha fazla enerji gerektirdiğinden çok daha güçtür. Üstelik mikro ölçekte kavitasyon bir kez geliştikten sonra yok edilmesi son derece zordur. Ayrıca mikro ölçekteki hacimlerde gerçekleşen kaynama ile ilgili pek çok çalışma mevcut olmasına rağmen faz değişimine dayalı başka bir süreç olan hidrodinamik

kavitasyon, mikroakışkan sistemler konusunda çalışan araştırmacılar ve mühendisler tarafından aynı düzeyde ilgi görmemiştir. Bu nedenle mikro ve nano ölçekte gerçekleşen kavitasyonlu akışlar hakkında yeterince bilgi yoktur. Mikro ölçekli hidrodinamik kavitasyon, daha yüksek bir yüzey/hacim oranı sağlayarak makro ölçekli kavitasyona kıyasla hedef kirleticilere daha etkili etkileşim imkânı sunar.

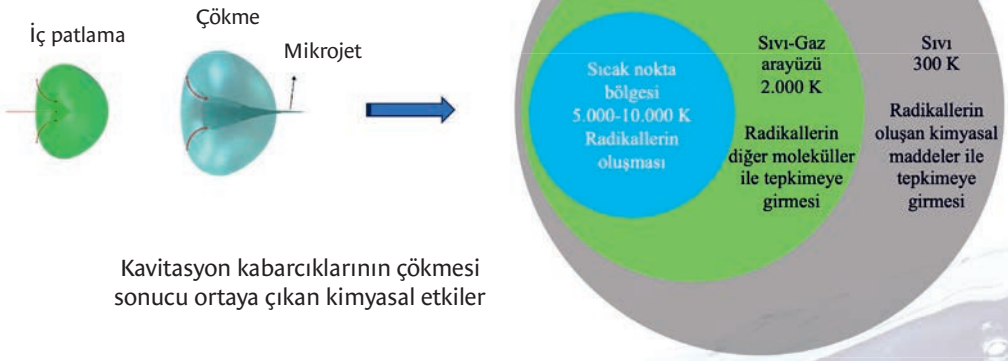


Mikrokirleticilerin sudan uzaklaştırılmasında kullanılan hidrodinamik kavitasyon reaktörlerin çalışma prensibi

Farklı uygulama alanlarında kullanılan mikro ölçekteki hidrodinamik kavitasyon kolayca ölçeklendirilebilmesi, düşük maliyetli olması, enerji verimliliği ve daha yüksek yüzey/hacim oranı sağlayarak daha fazla etkinlik sağlama açısından su arıtmada önemli avantajları olan yöntemlerden biridir. Bu amaçla kullanılan sistemler hidrodinamik kavitasyon reaktörü olarak isimlendirilir. Kavitasyon kabarcıklarının çökmesi, çevrelerindeki akışkana mekanik, termal ve kimyasal formlarda büyük miktarda enerji salar. Bu nedenle mikro ölçekteki hidrodinamik kavitasyonun biyolojik ya da üçüncül aşama atık su arıtımında hâlihazırda uygulanan yöntemlere alternatif olabileceği düşünülüyor. Yapılan çalışmalar, hidrodinamik kavitasyon reaktörlerindeki mikro kavitasyon kabarcıklarının çökmesi sonucu açığa çıkan enerjinin büyük kısmının, atık sularda bulunan ilaç etkin maddelerine ait kalıntılar, bakteriler, mikro algler ve tehlikeli kimyasal maddeler gibi birçok kirleticiyi sudan uzaklaştırmakta kullanılabileceğini gösteriyor. Ayrıca su arıtmada kullanılan hidrodinamik kavitasyon reaktörleri elektrik enerjisine ihtiyaç duymadan çalışabilir. Bu nedenle bu tür hidrodinamik sistemler uzak bölgelerde veya enerji kaynaklarına erişimin sınırlı olduğu ortamlarda kurulmaya son derece uygundur. Sürdürülebilirliği yüksek olan bu yöntem, yetersiz kaynaklara ve altyapıya sahip bölgelerde su arıtımı için uygulanabilir bir çözüm sunar. Kavitasyon

tolgart / iStock

kabarcıkları oluşturmak için yalnızca suya gereksinim olan bu yöntemde geleneksel atık su arıtma tesislerinde kullanılan klor veya persülfat gibi zararlı kimyasal maddelere ihtiyaç duyulmaz.



Kavitasyon kabarcıklarının çökmesi sonucu ortaya çıkan kimyasal etkiler

Diğer taraftan mikroakışkan çipler kullanılarak küçük ölçekteki akışlar içinde kavitasyon oluşturmak mümkün. Mikroakışkan çiplerdeki akış kısıtlayıcıların yüzeylerinin özellikleri değiştirilerek kavitasyon kabarcıklarının oluşumu çok daha kolay hâle getirilebilir. Çip üstü kavitasyon olarak isimlendirilen bu yöntem, küçük ölçekte kolay su arıtma uygulamalarının önünü açabilir. Çip üstü kavitasyon yaklaşımı ölçeklenebilme yani küçük ölçekte geliştirilen sistemlerin kolayca büyütülebilmesi, kabarcıkların yönlendirilebilmesi ve kontrol edilebilmesi gibi avantajlara sahiptir. Çip üstü kavitasyon platformları kullanılarak sudaki zararlı kimyasal maddelerin uzaklaştırılması için en uygun koşullar oluşturulabilir. Çip üstü kavitasyon yöntemi ile suda serbest radikaller üretilebilir ve bu sayede sudaki istenmeyen kirletici maddelerin bozulma hızı artırılabilir.

Sonuç olarak çip üstü kavitasyon yönteminde oluşturulan kabarcıkların özelliklerinin ve davranışlarının kontrol edilmesi, kontrollü kabarcık çöküşü ve ulaşılan yüksek yerel sıcaklıklar sonucu ortaya çıkan kimyasal ve fiziksel etkiler, sudaki zararlı maddelerin ve organik kirleticilerin parçalanmasını sağlayarak verimli bir su arıtma çözümü sunar. Çip üstü kavitasyon reaktörlerinde gerçekleşen kavitasyon akışların yeni nesil deneysel ve sayısal yöntemlerle detaylı şekilde incelenmesi ve karmaşık akış fiziğinin tamamıyla aydınlatılması, bu yöntemin su arıtmada etkinliğini daha da artıracak ve küresel su arıtma sorununu çözebilecek kapasiteye ulaşmamızı sağlayabilecek. Yine de kullandığımız suyu kirletmemeyi ve plastik madde kullanımını en az seviyeye indirgeme konusunda hassasiyet göstermeyi aklımızdan çıkarmamalıyız. ■

Kaynaklar

Ramalho, R.S., *Introduction to wastewater treatment processes*. Academic press, 2013.

Sonune, A. and Ghate, R., Developments in wastewater treatment methods. *Desalination*, 167, pp.55-63, 2004.

Kebede, T.B., Waste water treatment in brewery industry, Review. *International Journal of Engineering Development and Research*, 6(1), pp.716-722, 2018.

Dekker, G. and Sibai, B., Primary, secondary, and tertiary prevention of pre-eclampsia. *The Lancet*, 357(9251), pp.209-215, 2001.

Gevari, M.T., Abbasiasl, T., Niazi, S., Ghorbani, M. and Koşar, A., Direct and indirect thermal applications of hydrodynamic and acoustic cavitation: A review. *Applied Thermal Engineering*, 171, p.115065, 2020.

Flint, E.B. and Suslick, K.S., The temperature of cavitation. *Science*, 253(5026), pp.1397-1399, 1991.

Talabazar, F.R., Baresel, C., Ghorbani, R., Tzanakis, I., Koşar, A., Grishenkov, D. and Ghorbani, M., Removal of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) from wastewater using the hydrodynamic cavitation on a chip concept. *Chemical Engineering Journal*, 495, p.153573, 2024.

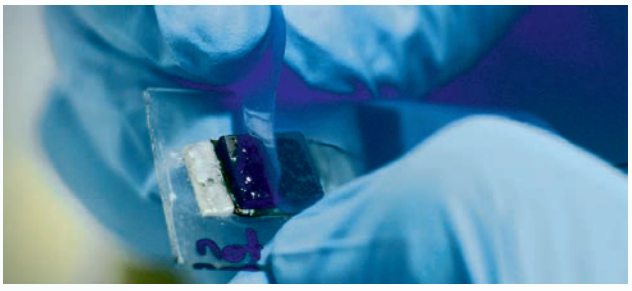
İKİ BOYUTLU
Metaller Üretildi

Dr. Mahir E. Ocak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Çin Bilimler Akademisi Fizik Enstitüsünden bir grup fizikçi ilk kez iki boyutlu metaller üretmeyi başardı.

İki boyutlu malzemeler, bir boyutu atom boyutu ölçeğinde olan malzemelerdir. İlk iki boyutlu malzeme 2004 yılında elde edilmişti. Grafen adı verilen malzeme tek bir katman içinde, bal peteği biçiminde düzenlenmiş karbon atomlarından oluşuyordu. İlerleyen yıllarda çok sayıda başka iki boyutlu malzeme sentezlendi.

Bugüne kadar sentezlenen iki boyutlu malzemelerin ortak özelliği, farklı katmanlar arasında zayıf van der Waals (vdW) bağları olmasıydı. Üç boyutlu malzemenin farklı katmanları arasındaki bağların zayıf olması, iki boyutlu malzemenin elde edilmesini kolaylaştırıyordu. Örneğin 2004 yılında grafeni ilk kez izole etmeyi ve incelemeyi başaran araştırmacılar Andre Geim ve Konstantin Novoselov, grafitten grafen katmanları koparmak için basit bir yapışkan bant kullanmıştı.

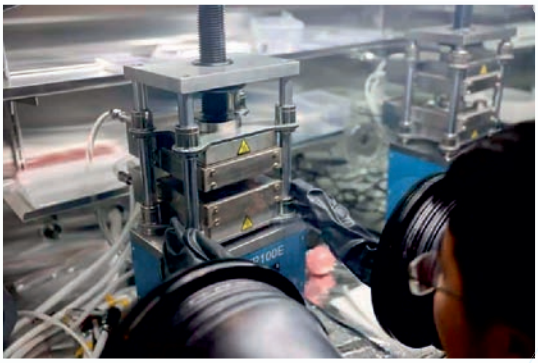


https://www.graphene.manchester.ac.uk/learn/making-graphene/

Grafitten grafen katmanları koparmanın basit bir yolu yapışkan bant kullanmaktır.

İki boyutlu metaller elde etmek üzerine yıllardır araştırmalar yapılıyor. Bu çalışmaların önemli kuramsal, deneysel ve teknolojik ilerlemelere yol açması bekleniyor. İki boyutlu metaller elde etmekle ilgili en önemli zorluk, metallerin güçlü bağlar içeren, yüksek derecede simetrik malzemeler olması. Sadece metal atomları içeren tek katmanlı bir yapı termodinamik olarak kararlı değil.

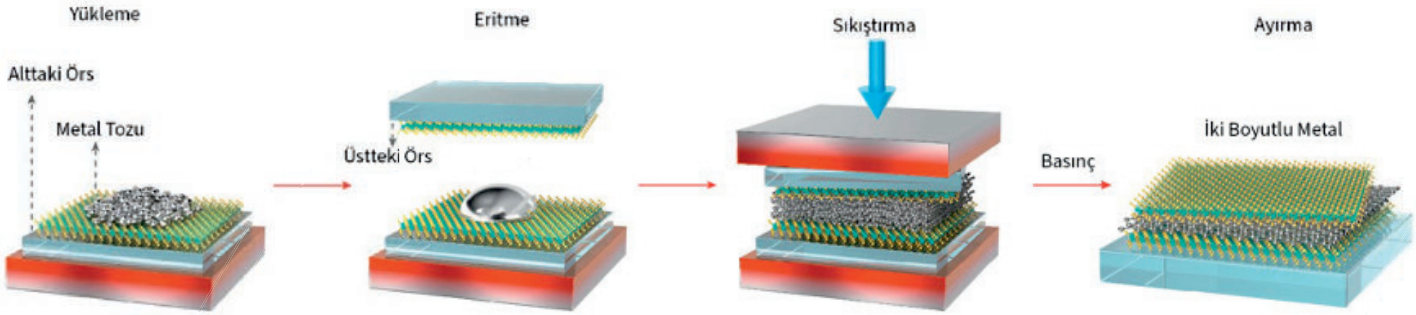
İki boyutlu metalleri elde etmek için kullanılabilecek yöntemlerden biri epitaksi. Yarı iletken cihazların üretiminde yaygın olarak kullanılan bu yöntemde üretilecek malzeme, bir yüzeyin üzerinde ince bir katman hâlinde çökeltiliyor. İki boyutlu metalleri üretmek için kullanılabilecek bir başka yöntem ise malzemeyi iki yüzeyin arasında ince bir ara katman olarak elde etmeye çalışmak. Ancak bu yöntemlerin her ikisi de iki boyutlu metaller elde edilmesine izin vermiyor. Ortaya çıkan ürünlerde yüzeyi düzensiz yapılı, boyutları nanometreler ölçeğinde adacıklar bulunuyor. Ayrıca ürünler, üzerine çökeltildiği ya da arasına sıkıştırıldığı diğer malzemelere sıkıca bağlanıyor. Bu durum malzemenin özelliklerinin incelenmesini ya da teknolojik cihazlarda kullanılmasını engelliyor. Bir başka sorunsa bir yüzeyin üzerinde büyütülen iki boyutlu metallerin çevresel koşullara maruz bırakıldığında kolaylıkla oksitlenmesi.



Çin Bilimler Akademisi, Fizik Enstitüsü

İki boyutlu metal üretmek için kullanılan örs sistemi

İki boyutlu metallerin elde edilmesi için kullanılabilecek bir diğer yöntemse geleneksel sıcak-baskı yöntemi. Bu yöntemde katı ya da sıvı hâldeki yüksek sıcaklıklara ısıtılmış kalın bir metal parçası sıkıştırılarak inceltiliyor. Ancak deneysel çalışmalar, bu geleneksel yöntemle bir metalin kalınlığının ancak nanometreler (metrenin milyarda biri) ölçeğine düşürülebileceği gösteriyor.



J. Zhao ve ark., Nature

İki boyutlu metallerin üretim süreci

Çin Bilimler Akademisinde Luojun Du ve Guangyu Zhang önderliğinde araştırmalar yapan bir grup fizikçi, yakın zamanlarda iki boyutlu metallerin üretilmesine imkân veren bir yöntem geliştirdi. Geleneksel sıcak-baskı yöntemine benzeyen yeni yöntemde iki boyutlu metal elde etmek için safir örsler kullanılıyor. Boyutları santimetreler ölçeğinde olan örslerin yüzeyi tek katmanlı molibden sülfür (MoS_2) ile kaplı. Bu özel yapı, üretim sürecinde iki avantaj sağlıyor. Birincisi tek katmanlı MoS_2 yüzeyinin atom ölçeğinde düz ve bağ kurmaya isteksiz yapısı, elde edilen malzemenin kalınlığının büyük ölçekte ve her noktada aynı olmasını sağlıyor. İkincisi hem safir (yaklaşık 430 GPa) hem de tek katmanlı MoS_2 (yaklaşık 300 GPa) aşırı yüksek basınca karşı dayanıklı. Bu durum örslerin arasına sıkıştırılan metalin üzerindeki basıncın, malzemenin kalınlığı ångström (1 Å 10^{-10} metreye eşittir) ölçeğine düşürülene kadar yükseltilmesine imkân veriyor.

Üretim sırasında ilk olarak alttaki örsün üzerine bir miktar metal tozu bırakılıyor ve eriyip bir damla oluşturana kadar metalin sıcaklığı arttırılıyor. Sonra sıvı metal, iki örsün arasında üzerindeki basınç 200 MPa'ya çıkana kadar sıkıştırılıyor. Daha sonra sistem çok yavaş bir biçimde soğutuluyor. Son olarak safir/MoS_2/2D-metal/MoS_2/safir yapısı mekanik olarak parçalanıyor. Metal ile MoS_2 arasındaki vdW etkileşimi, MoS_2 ile safir arasındaki vdW etkileşimine göre daha güçlü olduğu için yapıdaki çatlama MoS_2/safir arayüzünde gerçekleşiyor. Böylece iki boyutlu metal, iki MoS_2 katmanı arasında sıkışmış hâlde elde ediliyor. Metali çevreleyen tek katmanlı MoS_2 hem yapının termodinamik olarak kararlı olmasını sağlıyor hem de çevreye maruz kalarak oksitlenmesini engelliyor.

Araştırmacılar, vdW sıkıştırması adını verdikleri yöntemi kullanarak 6,3 Å kalınlığında bizmut, 5,8 Å kalınlığında kalay, 7,5 Å kalınlığında kurşun, 8,4 Å kalınlığında indiyum ve 9,2 Å kalınlığında galyum metali elde etmeyi başardı. Geliştirilen yöntemin iki boyutlu alaşımlar ya da grafen gibi vdW türü olmayan başka tür iki boyutlu malzemeler elde etmek için de kullanılabileceği belirtiliyor.

Yeni yöntemin süper iletkenlik, süper akışkanlık ve maddenin topolojik hâlleri gibi konularla ilgili bilimsel araştırmalarda yararlı olması bekleniyor. Ayrıca bu yöntemle üretilecek iki boyutlu metallerin yeni elektronik, fotonik ve kuantum cihazlar geliştirilmesinde kullanılabileceği belirtiliyor. ■

Kaynak

https://www.nature.com/articles/s41586-025-08711-x

Satürn'ün Gerçek Renkleri

Dr. Tuba Sarıgül [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

NASA'nın Cassini uzay aracı tarafından çekilen bu fotoğrafta Satürn'ü gerçek renklerine en yakın hâliyle görebilirsiniz.

Fotoğrafta Satürn'ün atmosferindeki bulutlar sarı renklerde görünürken kuzey kutbuna yakın bölgeleri ise mavi tonlarıyla dikkat çekiyor. Satürn'ün halkaları ise kırmızı-kahverengi tonlarda görünüyor. Çekim açısı nedeniyle halkalar ince bir şerit şeklinde görünse de gezegenin üzerine düşen gölgelerinden karmaşık yapısı daha net anlaşılabiliyor.

Satürn'ün yüksek irtifalarda bulunan bulutları renksiz amonyak kristallerinden oluşur. Bu bulutların üzerinde ise atmosferdeki metan moleküllerinin Güneş'ten gelen morötesi dalga boyundaki ışıkla etkileşmesi sonucu oluşan bir pus katmanı bulunur. Bu katman, Satürn'ün sarı ve kahverenginin farklı tonlarında görünmesine neden olur. Satürn'ün kuzey kutbundaki dönen fırtına bulutlarının oluşturduğu altıgen şekilli yapı ise pus katmanını oluşturan parçacıkların bu bölgeye girmesini engelliyor.

Satürn'ün kuzey kutbuna yakın bölgelerinin mavimsi tonlarda görünmesinin nedeni, Dünya'dan gökyüzünün mavi görünmesiyle benzer süreçlerden yani Güneş'ten gelen mavi dalga boyundaki ışığın atmosferdeki parçacıklar tarafından daha fazla saçılmasından kaynaklanıyor.

Kutup bölgelerinin rengi mevsimlere bağlı olarak değişebiliyor. Örneğin ilkbahar ve yaz dönemlerinde fotokimyasal tepkimeler yani Güneş ışığının atmosferdeki moleküllerle tepkimeye girmesi sonucu oluşan pusun miktarı arttığından Satürn'ün kuzey kutbuna yakın bölgelerinin rengi maviden sarıya dönüyor.

Cassini tarafından elde edilen görüntünün işlenmesi sırasında Satürn'ün bulutlarının daha belirgin görülebilmesi için farklı filtreler kullanıldı.

2004-2017 yılları arasında Satürn'ü, uydularını ve halkalarını daha önce elde edilmemiş detaylarıyla inceleyen NASA'nın Cassini uzay aracı, görevinin son aşamasında kontrollü bir şekilde gezegenin atmosferine girdi ve atmosferde yanarak parçalandı. ■

Kaynaklar

https://www.nasa.gov/image-article/changing-colors-saturns-north/
https://science.nasa.gov/mission/cassini/science/saturn/hexagon-in-motion/
https://hubblesite.org/contents/media/images/1998/28/698-Image?news=true
https://apod.nasa.gov/apod/ap240623.html

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

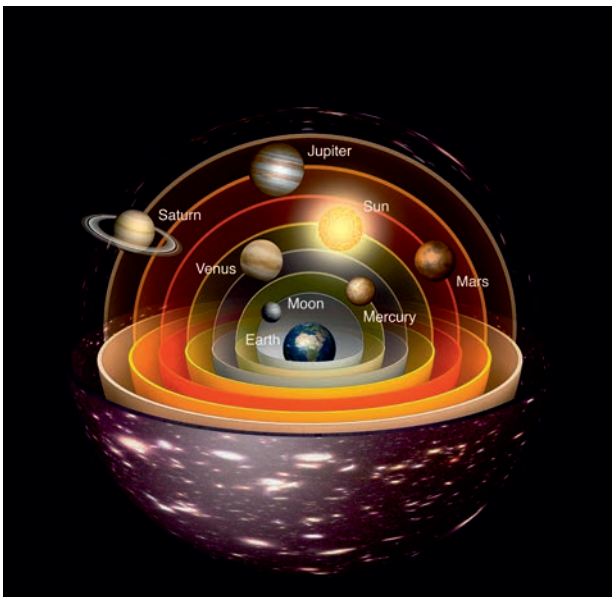
Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir
[*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı*

Ptolemaios'un Bilimsel Çalışmaları II

Ptolemaios, milattan sonra ikinci yüzyılda yaşamış ve bilimin değişik dallarında önemli eserler yazmış bir bilim insanıdır. Özellikle gök bilimi alanının seçkin örneklerinden biri olan *Almagest* adlı eserinde ileri sürdüğü düşünceleriyle bilim dünyasında uzun süre etkili olmuştur. Ancak yayımlanmasından birkaç yüzyıl sonra Avrupa'da bilimsel araştırmalara verilen önemin azalmaya başlamasıyla bu alanlarda yapılan çalışmalarda önce uzun bir durgunluk ardından da gerileme yaşanmıştı. Bu durum Ptolemaios'un ve kitabının unutulmasına yol açtı. Batılı tarihçiler tarafından Karanlık Çağ diye adlandırılan bu dönemde gök bilimi alanında önemli tek bir keşif bile yapılamadı. Bu nedenle uzun süre karanlıkta kalan *Almagest*, dokuzuncu yüzyılda bilgiye ulaşma merakının bir erdem kabul edildiği, bilimsel araştırmaların sistemli şekilde desteklendiği ve teşvik edildiği İslam dünyasında yeniden ilgi görmeye başladı. Kitapta ortaya konulan modeller ve yaklaşımlar hem İslam dünyasında hem de modern dönemde Batı'da yapılan gök bilimi çalışmalarını etkiledi.

dig.wikipedia.org

ART Collection / Alamy



Mikkel Juul Jensen / SPL

Yer merkezli Ptolemaios modelinin temsili çizimi.

Trigonometrinin Gelişiminde *Almagest*

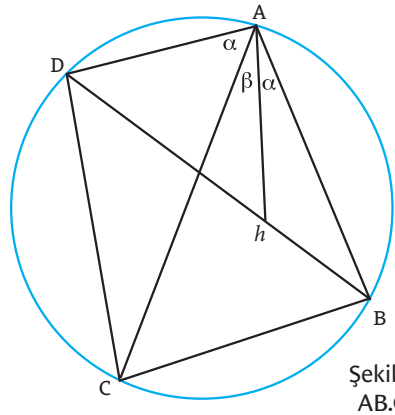
Almagest'in ikinci kitabı trigonometri konusundadır. Ptolemaios, yer merkezli evren tasarımı hakkındaki değerlendirmelerini Yer'in ekliptik eğimini (Güneş'in gök küresi üzerindeki görünür hareketi boyunca izlediği yol olan ekliptik çember ile gök ekvatoru arasındaki açı) ve ekvator dairesini temel alarak açıklamaya çalışır. Bu bağlamda "Bu bölümde öncelikle şunu genel bir kabul olarak anlamalıyız." dedikten sonra "Yer'in ekvator ve kutuplarından geçen daire yayı tarafından dört eşit parçaya bölündüğü varsayıldığında, üzerinde yaşadığımız kısım kuzey yarım küreyle sınırlı dörtte birlik bir alandır." biçimindeki düşüncesini paylaşır. Ptolemaios, bu düşüncesini gözlemlere dayandırır: Ekinoks zamanlarında güneş saati ibrelerinin gölgeleri öğle vaktinde her yerde kuzeye düşer. Ayrıca Ay tutulmaları, kendi yaşadığı coğrafyanın en doğusunda ve en batısında bulunan insanlar tarafından aynı anda gözlemlenir. Ardından "En uzun günün süresi bilindiğinde, ekvator ve ekliptiğin ufukla kesişmesi sonucu oluşan yaylar nasıl belirlenir?" sorusunu cevaplamaya çalışan Ptolemaios, küresel yüzeylerde uzaklıkların hesaplanması, zaman tayini gibi trigonometri bilmeyi gerektiren konular hakkında bilgiler vermeye başlar. Ele aldığı konu başlıklarından bazıları şunlardır: Aynı gözlemsel ölçütler kullanılarak herhangi bir yerin kutup yüksekliği nasıl belirlenir? Güneş hangi coğrafi konumlarda hangi zamanlarda tepe noktasına yükselir? Ekvatoral ve tropikal bölgelerde, öğle vakti Güneş saati ibrelerinin gölge uzunluğunun ibre uzunluğuna oranı nasıl değişir? Bu soruların trigonometri bilgisi gerektirdiğini ve kendi deyimiyle "açılar meselesi" olduğunu hatırlatan Ptolemaios, öncelikle açı ölçümlerinde kullanılacak bir kirişler cetveli hazırlamıştır. Aynı zamanda coğrafi bir bölgede bulunan başlıca kentlerin konumlarının enlemlerine ve boylamlarına göre nasıl belirleneceğini ele alır. Ayrıca bu konuda daha önce çalışmış olan kişilerin yazılarını inceleyerek her kentin üzerinde bulunduğu meridyen boyunca ekvatordan kaç derece uzakta olduğunu ve İskenderiye meridyeninin kaç derece doğusunda ya da batısında yer aldığını belirlemeyi amaçlar. Böylece bu kentlerdeki yerel zamanın İskenderiye meridyenine göre nasıl belirleneceğini açıklar. Ptolemaios, diğer önemli kentlerin zamanlarının tayin edilmesi için İskenderiye'den geçen meridyeni esas alacağını belirtir ve şu cümleleri

yazar: “İskenderiye’ye göre zaman tayini yapılacak bir kentteyken meridyeni farklı başka bir kentteki yerel zamanı bilmek istediğimizde, ekvator boyunca birbirlerinden kaç derece uzakta olduklarını yani meridyenler arasındaki açısal farkı bilmemiz gerekir. Yerel zamanı bulmak istediğimiz kent, bulunduğumuz kentin doğusundaysa aralarındaki derece farkını, bulunduğumuz kentteki yerel zamana eklemeliyiz. Bulunduğumuz kentin batısında yer alması durumunda ise derece farkını yerel zamandan çıkarmalıyız.”

Ptolemaios’un bu açıklamalarından gök biliminde trigonometriye ihtiyaç duyulduğunu ve açıların nasıl hesaplanacağı konusunda detaylı bir cetvele ihtiyaç olduğu anlaşılabilir. O dönemde trigonometrinin henüz bağımsız bir disiplin hâline gelmediğini, bu alandaki araştırmaları Hipparkhos’un (M.Ö. 190-120) başlattığını hatta bir kirişler cetveli hazırladığını ve Hipparkhos’un çalışmalarından Ptolemaios’un haberdar olduğunu biliyoruz. Fakat Hipparkhos, kirişler cetvelini nasıl hazırladığını açıklamamıştı. Buna karşın Ptolemaios, kirişler tablosunu nasıl oluşturduğunu, özellikle belirli açıların kirişlerini nasıl elde ettiğini kitabının birinci bölümünün onuncu alt başlığında açıklamış ve on birinci alt başlığında da kirişler cetvelini vermiştir:

“Kullanıcıya kolaylık sağlamak için çemberin çevresini 360 parçaya böleceğiz. Her yarım derecelik yaya karşılık gelen kirişin uzunluğunu ise çemberin çapının 120 parçaya bölündüğü bir sistemde ifade ederek bir tablo hâline getireceğiz. Bu yöntemi benimsememizin nedeni, hesaplamalarda ortaya çıkacak olan aritmetiksel kolaylıktır. … Geleneksel kesirli sistemin yetersizliği nedeniyle aritmetik hesaplamalarımız için seksagesimal yani 60 tabanlı sayı sistemini kullandık.”

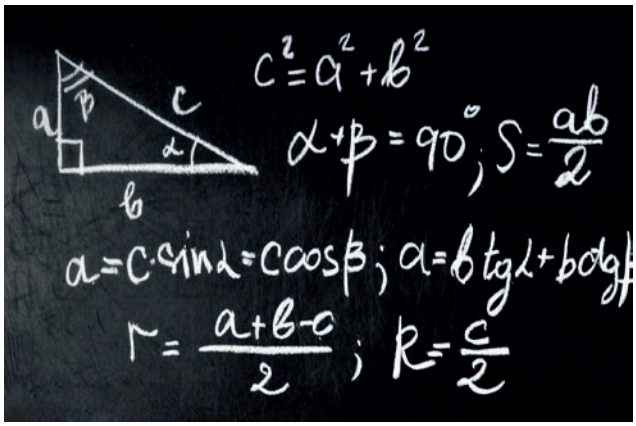
Bu yaklaşım hem trigonometrinin bağımsız bir disiplin hâline gelmesine hem de astronomik hesaplamaların temellerinin oluşturulmasına önemli katkılar sağlamıştır. Zira bazı açıların kiriş uzunluklarını hesaplamak kolayken bazılarınınki zordur. Örneğin 60 derecelik açıya karşılık gelen kiriş yarıçaptır. Benzer şekilde 90 derecenin kiriş uzunluğu Pisagor teoremi ile bulunur. Pisagor teoremine göre bir dik üçgenin hipotenüsü, daima dik açının karşısındaki kenardır ve dik kenar uzunluklarının karelerinin toplamı hipotenüsün karesine eşittir. Ancak bazı açılara karşılık gelen kirişlerin uzunluklarının bulunması zordur, dolayısıyla bu amaçla güvenilir bir yöntem bulmak gereklidir. Bunun için Ptolemaios, kiriş uzunlukları bilinen açıların toplamını veya farkını kullanarak diğer açılara karşılık gelen kirişlerin uzunluklarını belirlemeye çalışır. Bu uğraşları sonucunda bilim tarihinde Ptolemaios teoremi veya kirişler teoremi adıyla bilinen bir teorem geliştirir. Köşeleri bir daire üzerinde bulunan kirişler dörtgeni, bu teoremin esasını oluşturur. Teorem şu şekilde ifade edilir: Dörtgenin karşılıklı kenar uzunluklarının çarpımının toplamı, köşegen uzunluklarının çarpımına eşittir.



Şekilde görüldüğü üzere:
AB.CD+AD.BC=AC.BD.

Diğer taraftan eğer bir açıya karşılık gelen kirişin uzunluğu biliniyorsa o açının iki katının veya yarısının kirişi de kolayca belirlenebilir. *Almagest* kitabı dikkatlice incelendiğinde Ptolemaios’un kullandığı tek trigonometrik fonksiyonun kirişler olduğu yani açıları, karşılık gelen kiriş uzunluklarıyla

ilişkilendirdiği görülebilir. Ptolemaios, kitabında trigonometrik hesaplamalarda başvurulacak açık talimatlar vermese de farklı açılara karşılık gelen kiriş uzunluklarını hesaplama problemini sadece dik üçgenlerden yararlanarak çözmeye imkân veren bir yaklaşım kullanmıştır ki bu onun standart yöntemidir.



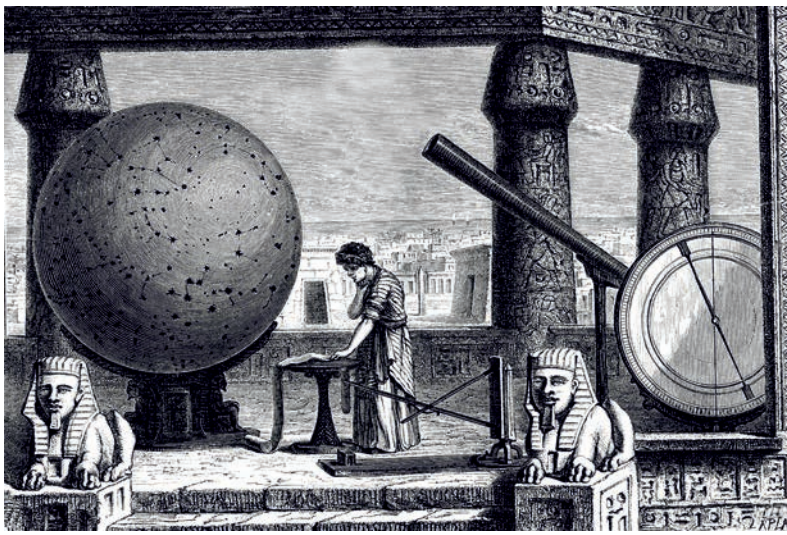
Dmitro2009 / iStock

Pisagor teoreminin temsili gösterimi

Yıldız Kataloğu

Almagest'in bilim tarihine en önemli katkılarından biri de günümüze ulaşan tek eski çağ yıldız kataloğunu barındırmasıdır. Bilim tarihçileri, konumları enlemlerine ve boylamlarına göre tanımlanan 1028 yıldızdan oluşan bu kataloğun Hipparkhos'un oluşturduğu kataloğa dayandığı konusunda görüş birliğine sahiptir. 18. yüzyılda yapılan incelemeler, kataloğun Ptolemaios'un kendi gözlemlerine dayanarak oluşturulduğu fikrine yol açmıştır. 19. Yüzyılda ise katalogda yer alan yıldızların boylamlarına yönelik yapılan kapsamlı analizler, bu bilgilerin milattan önce ikinci yüzyıla yani Hipparkhos'un zamanına ait olma ihtimalinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Çünkü Ptolemaios'un kataloğunda Hipparkhos'un gözlemlediklerinden farklı herhangi bir yıldızın yer almadığı tespit edilmiştir. Ayrıca katalogda yer alan yıldızların konumlarının Ptolemaios'un yaşadığı dönemle değil da Hipparkhos zamanındaki konumlarına daha yakın olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bilim tarihçileri arasında kataloğun Ptolemaios'un kendi özgün çalışması olmadığı, Hipparkhos'un kataloğunun presesyon hareketi (Dünya'nın kendi etrafındaki dönüş hareketi sırasında dönme ekseninin uzayda işaret ettiği noktanın yavaşça yön değiştirmesi) dikkate alınarak Ptolemaios'un ya da diğer astronomların gözlemsel katkılarıyla yeniden düzenlenerek oluşturulduğu görüşü öne çıkmıştır.

Gelecek sayımızda Ptolemaios'un çalışmalarını ele almaya devam edeceğiz. ■



Collection Abecasis / SPL

Ptolemaios İskenderiye Gözlemevi'nde

Kaynaklar

Fomenko, A. T., Kalashnikov, V. V., Nosovsky, G. V., *Geometrical and Statistical Methods of Analysis of Star Configurations: Dating Ptolemy's Almagest*, Florida: CRC Press, 1993.
Ptolemaios, *Ptolemy's Almagest, Translated and Annotated*: G. J. Toomer, New Jersey: Princeton University Press, 1998.
Toomer, G. J., "Introduction", *Ptolemy's Almagest, Translated and Annotated*: G. J. Toomer, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1998.

Doğa
Fauna

FIRAT KAPLUMBAĞASI

Dr. Mehmet Kürşat Şahin

Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Mezopotamya'nın Korunmaya Muhtaç Tatlı Su Kaplumbağası

Fırat kaplumbağası (*Rafetus euphraticus*), Mezopotamya bölgesine özgü, yumuşak kabuklu bir tatlı su kaplumbağasıdır. Bu tür, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Fırat ve Dicle nehirlerinin havzasında yaşar. Aynı zamanda Irak, İran ve Suriye'de de yayılış gösterir. Bu yönüyle Bereketli Hilal olarak da isimlendirilen bölgenin karakteristik bir canlısıdır. Yerel halk tarafından "Sini Bağa" ya da "Sac Bağa" olarak adlandırılan bu tür, Türkiye'de yaşayan beş tatlı su kaplumbağası türü arasında en az tanınanı ancak soyu en çok tehlike altında olanıdır.

Bu kaplumbağa türünün karapaksı yani kabuğu yassı ve oval bir şekle sahiptir, yüzeyi ise deriyle kaplıdır. Kabuğun uzunluğu yaklaşık 70 cm olan Fırat kaplumbağasının kütlesi 20 kg'a yaklaşabilir. Yalnızca başını hafifçe su yüzeyine çıkararak hortum benzeri burnu sayesinde nefes alır. Parmaklarının arasında yüzme zarı bulunur. Yalnızca ön ayaklarındaki üç parmakta tırnak bulunur. Baş ve boyun gerektiğinde kabuğun içine gizlenebilir.

Adil Baran / iStock

Bu tür, çoğunlukla çamurlu göller ve nehir yataklarında, su altında ve dipte yaşamayı tercih eder. Solunumunu sadece akciğerleriyle değil, deri ve ağız içi yoluyla da yapabildiğinden uzun süre su altında kalabilir. Hızlı ve etkili bir avcıdır: Boynunu aniden ileri fırlatarak güçlü çeneleriyle avını yakalayabilir. Beslenme alışkanlıkları çeşitlidir: Küçük balıklar, sucul omurgasızlar, kurbağalar, kuşlar ve su bitkileriyle beslendiği için hepçil (omnivor) beslenme şekline sahiptir. Dişiler, uygun kumluk alanlarda 8 ila 17 yumurta bırakabilir. Genç kaplumbağalar daha sığ ve ılık sularda, yetişkinler ise nehirlerin daha derin yan kollarında yaşamayı tercih eder. Geniş nehir kolları yerine çamurlu, sazlıklı ve nispeten durgun bölgelerde yoğunlaşırlar.

Fırat kaplumbağasının yaşam alanları, doğal habitatlarının büyük ölçüde zarar görmesine ve yumurtlama alanlarını yok olmasına yol açan insan kaynaklı etkinlikler nedeniyle ciddi tehdit altındadır. Son yıllarda yapılan izleme çalışmaları ile türün dağılımı ve yaşam alanları hakkında daha fazla bilgi sağlanması mümkün oldu. Ayrıca yapay kum adaları gibi koruma önerileri gündeme geldi.

Yumuşak kabuklu tatlı su kaplumbağalarından Yangtze kaplumbağasının dünya üzerinde yalnızca iki ya da üç bireyinin kaldığı düşünüldüğünde Fırat kaplumbağasının korunması yalnızca kendisi için değil aynı zamanda içinde bulunduğu ekosistemin devamlılığı için de büyük önem taşır. ■

Kaynaklar

Baran, İ. ve ark., *Türkiye Amfibi ve Sürüngenleri*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara. 204 s., 2012.

Bayrakcı, Y., Ayaz, D., Luiselli, L., "Determining home range, changes in habitat use with time, and the threats to an endangered freshwater turtle (*Rafetus euphraticus*) in Turkey.", *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, Cilt 31, Sayı 11, s. 3276-3290, 2012.

Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül
[*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Gökyüzünde Gece Yarısından Sonraki Hareketlilik

Temmuz ayında çıplak gözle görülebilen gezegenlerden ikisi -Merkür ve Mars- gün batımından sonra kısa süreler görülebilirken Satürn, Venüs ve Jüpiter gece yarısından sonra sırasıyla gökyüzünde ortaya çıkmaya başlıyor.

Merkür

1 Temmuz akşamı Merkür'ü ve Arı Kovanı Açık Yıldız Kümesi'ni Yengeç Takımyıldızı'nda birbirine yakın görmeyi deneyebilirsiniz.

Temmuz ayının başında akşamları gökyüzünde görülebilen Merkür, Güneş'in batışından bir saat sonra ufkun yaklaşık 5 derece üzerinde bulunuyor. Merkür, 4 Temmuz'da en büyük doğu uzanımı konumuna geliyor. Bu konumdayken Güneş'le aralarındaki açısal mesafe 26 derece. İlerleyen günlerde Merkür'ün ufkun üzerinden yüksekliği ve parlaklığı azalıyor. Merkür, 1 Ağustos'ta yörünge hareketi sırasında Güneş ile Dünya'nın arasından geçmeye hazırlanıyor.

Mars

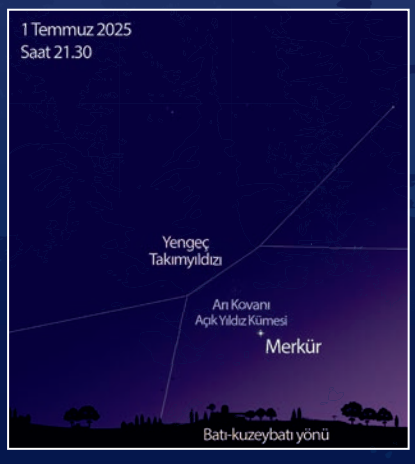
28 Temmuz akşamı Mars ve hilal şeklindeki Ay, batı yönünde ufkun üzerinde birbirine yakın görünümde.

Mars, temmuz ayında gün batımından sonra batı yönünde ufkun üzerinde ortaya çıkıyor ve Güneş'ten yaklaşık iki buçuk saat sonra batıyor. Temmuz ayı boyunca Aslan Takımyıldızı'nda bulunan Mars, ayın son günlerinde Başak Takımyıldızı'na geçiyor. 30 Temmuz'da Mars'ı ve Başak Takımyıldızı'nın en parlak yıldızı Spika'yı gökyüzünün aynı bölgesinde görebilirsiniz. Gökyüzünde her geçen gün Güneş'e yaklaşan Kızıl Gezegen, Ocak 2026'da Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçmeye hazırlanıyor. Bu dönemde Mars aynı zamanda Dünya'ya en uzak konumdan geçecek. Dolayısıyla bu süreçte Mars'ın parlaklığı ve görünür büyüklüğü azalmaya devam ediyor.

Satürn

16 Temmuz gecesi Satürn'ü ve son dördün evresine yaklaşan Ay'ı birbirine yakın görebilirsiniz.

Satürn, temmuz ayında gece yarısına yakın saatlerde doğu yönünde ufuktan doğuyor ve Güneş'in aydınlığında kaboluncaya kadar gökyüzünde görülebiliyor. Her geçen gün daha erken saatlerde doğmaya başlayan Satürn'ün parlaklığı ve görünür büyüklüğü de artıyor. Temmuz ayında Güneş sisteminin en uzak gezegeni Neptün, Satürn'ün yakınlarında görülebilir.



Bir dürbününüz ya da basit bir teleskopunuz varsa Neptün'ü gökyüzünde Satürn'ün yaklaşık 1 derece kuzeyinde bulabilirsiniz.

Venüs

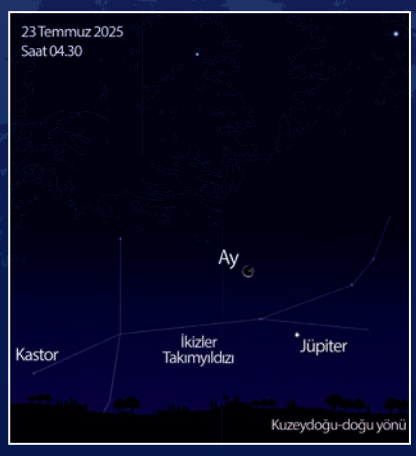
21 Temmuz'da Venüs, hilal şeklindeki Ay ve Aldebaran'ın gökyüzünde oluşturduğu hayali üçgen şeklini fark etmeyi deneyebilirsiniz.

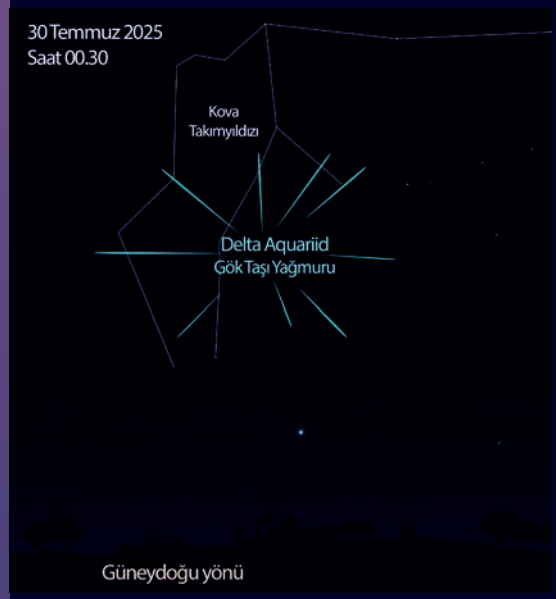
Temmuz ayında gecenin ikinci yarısında gökyüzünde olan gezegenlerden bir diğeri ise Venüs. Venüs, ayın başında Güneş'ten yaklaşık iki buçuk saat önce kuzeydoğu-doğu yönünde ufuktan doğuyor. İlerleyen günlerde Venüs'ün aydınlık görünen kısmının oranı artarken parlaklığı ve görünür büyüklüğü azalıyor. Venüs temmuz ayında Boğa Takımyıldızı'nda yer alıyor. 13 Temmuz'da Venüs'ü ve Boğa Takımyıldızı'nın en parlak yıldızı Aldebaran'ı birbirine yakın görebilirsiniz. İki gök cisminden Venüs açık sarı renklerde ve son derece parlakken Aldebaran'ı turuncu tonlardaki rengiyle ayırt edebilirsiniz. Güneş sisteminin buz devi gezegenlerinden Uranüs'ü ise temmuz ayının ilk haftasında Venüs'ün kılavuzluğunda gökyüzünde bulabilirsiniz. Venüs ve Uranüs, 4 Temmuz gecesi birbirine yakın görünümde olacak. Bu tarihte Uranüs'ü bir dürbün ya da basit bir teleskop yardımıyla Venüs ile Ülker Açık Yıldız Kümesi'nin arasındaki hayali doğrunun üzerinde bulabilirsiniz.

Jüpiter

23 Temmuz sabahı Jüpiter'i ve yeni ay evresine yaklaşan Ay'ı, kuzeydoğu-doğu yönünde ufkun hemen üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz.

24 Haziran'da yörünge hareketi sırasında Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçen Jüpiter temmuz ayında gökyüzünde tekrar ortaya çıkmaya başlıyor. Ayın ilk haftasında Güneş'ten hemen önce doğan Jüpiter, ilerleyen günlerde daha erken saatlerde doğmaya başlıyor ve gökyüzünde görülebileceği süre uzuyor.





Delta Aquariid Gök Taşı Yağmuru

12 Temmuz-23 Ağustos tarihleri arasında etkinliğini devam ettiren Delta Aquariid gök taşı yağmuru 29-30 Temmuz gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor. Bu tarihte gök taşlarının gökyüzünde ortaya çıktığı nokta (saçılma noktası) gece yarısından yaklaşık iki saat önce doğu-güneydoğu yönünde ufuktan doğuyor ve şafak vakti Güneş'in aydınlığında kaybolmadan önce gökyüzünde en yüksek noktaya ulaşıyor.

En iyi güney yarım küreden izlenebilen Delta Aquariid gök taşı yağmurunu Ekvator'un kuzeyinden izlemek isteyen gökyüzü severler, en yüksek etkinliğin beklendiği tarihte saatte maksimum 25 gök taşı görebilir.

Saçılma noktası Kova Takımyıldızı'nda bulunduğu için bu şekilde isimlendirilen Delta Aquariid gök taşı yağmurunun kaynağı hâlen tam olarak bilinmese de 96P/Machholz kuyruklu yıldızının olabileceği tahmin ediliyor.

İlk dördün
2 Temmuz
Saat: 22.30

Dolunay
10 Temmuz
Saat: 23.37

Son dördün
18 Temmuz
Saat: 03.38

Yeni ay
24 Temmuz
Saat: 22.11

Yeröte
5 Temmuz Saat: 05.29
404.627 km

Yerberi
20 Temmuz Saat: 16.55
368.041 km

Arı Kovanı Açık Yıldız Kümesi

Messier 44 olarak da isimlendirilen Arı Kovanı Açık Yıldız Kümesi, Ülker Açık Yıldız Kümesi ve Andromeda gök adasından sonra Messier kataloğundaki en parlak görünen üçüncü nesne.

Dünya'dan yaklaşık 600 ışık yılı uzaktaki Arı Kovanı Açık Yıldız Kümesi, birbirine kütle çekimi ile bağlı yaklaşık 1.000 yıldızdan oluşuyor. Açık yıldız kümesi, 600-700 milyon yaşındaki görece genç yıldızlardan oluşuyor. Arı Kovanı'ndaki en parlak yıldızlar merkezinde yoğunlaşırken kütlesi daha küçük ve sönük yıldızlar kümenin çevresine yakın kısımlarında bulunuyor.

Gökyüzündeki en parlak derin uzay cisimlerinden biri olan Arı Kovanı Açık Yıldız Kümesi antik zamanlardan beri insanlar tarafından biliniyor. Çıplak gözle bakıldığında Yengeç Takımyıldızı'nın yakınlarında mavimsi tonlarda bir ışık lekesi gibi görünen Arı Kovanı, bir dürbün ya da basit bir teleskopla gözlemlendiğinde en az 20 yıldız rahatlıkla fark edilebilir.

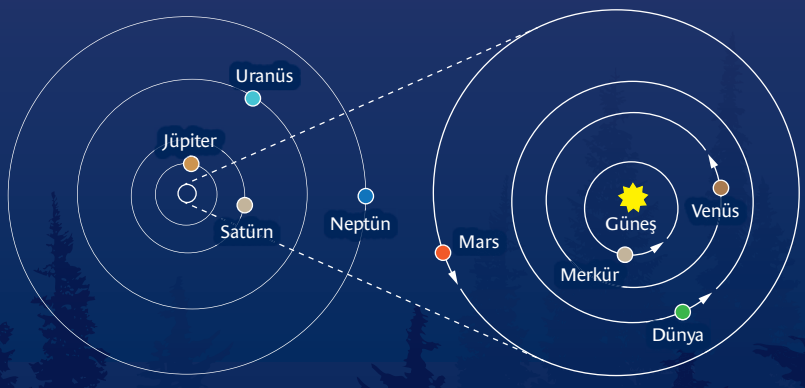
Stocktrek Images, Inc. / Alamy

Gökyüzünde Yengeç Takımyıldızı'nda bulabileceğiniz Arı Kovanı Açık Yıldız Kümesi'ni kuzey yarım küreden gözlemlemek için en uygun zaman ilkbahar ayları.

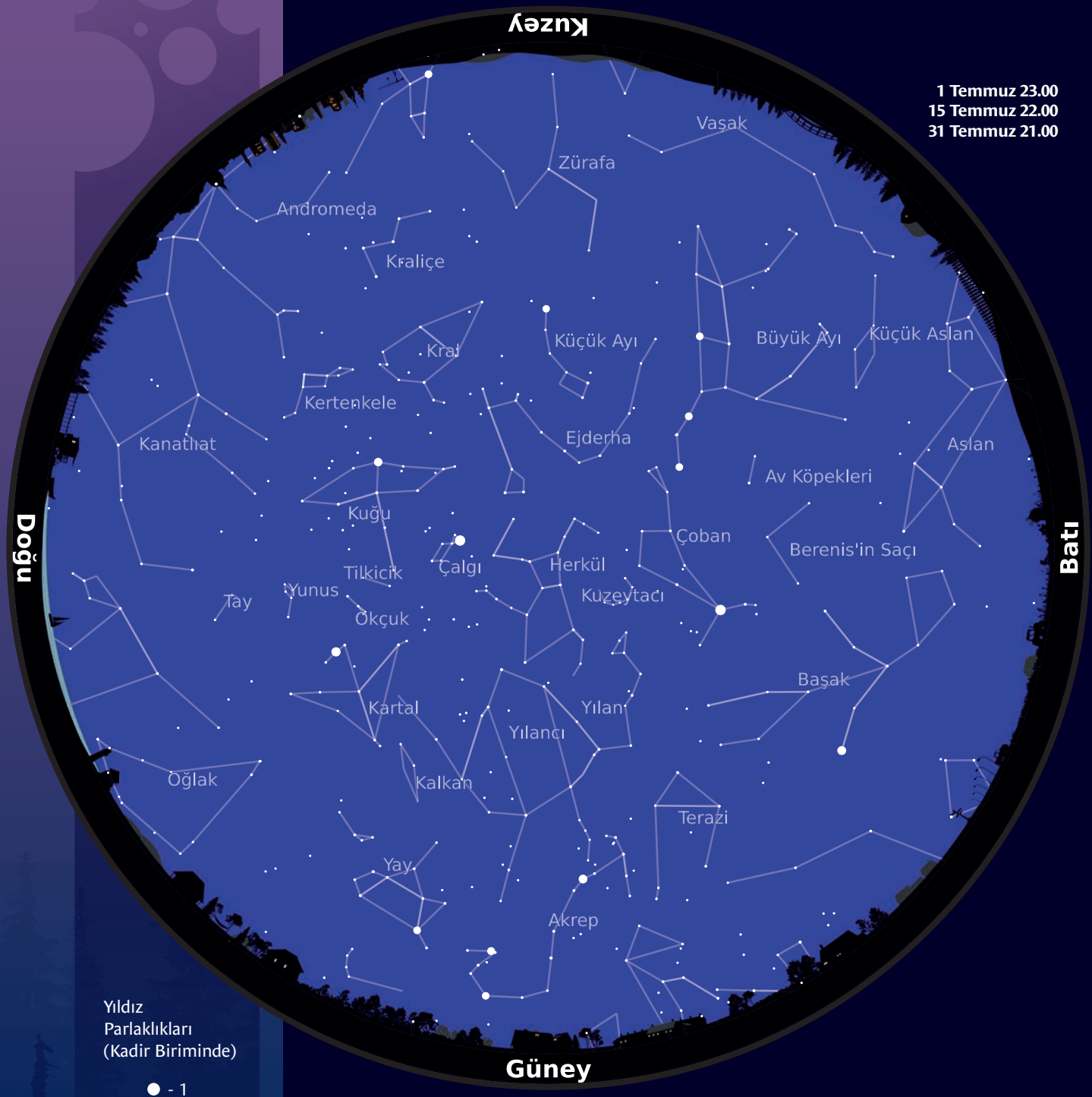
Ayın Önemli Gök Olayları

2 Temmuz	Ay, ilk dördün evresinde
4 Temmuz	Ay ve Spika yakın görünümde Dünya, Güneş'e en uzak konumda Merkür, en büyük doğu uzanımı konumunda
5 Temmuz	Ay, Dünya'ya en uzak konumda
7 Temmuz	Ay ve Antares yakın görünümde
10 Temmuz	Ay, dolunay evresinde
13 Temmuz	Venüs ve Aldebaran yakın görünümde
16 Temmuz	Ay ve Satürn yakın görünümde
18 Temmuz	Ay, son dördün evresinde
20 Temmuz	Ay, Dünya'ya en yakın konumda
23 Temmuz	Ay ve Jüpiter yakın görünümde
24 Temmuz	Ay, yeni ay evresinde
26 Temmuz	Ay ve Regulus yakın görünümde
29-30 Temmuz	Delta Aquariid gök taşı yağmuru en yüksek etkinlik
31 Temmuz	Ay ve Spika yakın görünümde

Temmuz Ayında Gezegenlerin Birbirlerine Göre Yörüngelerindeki Konumları



Çizimdeki oklar, Güneş sisteminde yer alan iç gezegenlerin temmuz ayında yörüngelerindeki hareketlerini gösteriyor. Dış gezegenlerin yörüngelerindeki konumları, ay içinde birbirine göre çok değişmediği için temmuz ayının ortasındaki konumları, çizimde nokta şeklinde belirtilmiştir.



Kaynaklar

- Okuyan, O. ve Köseoğlu, D. K., "2025 Gök Olayları Yıllığı", *Bilim ve Teknik*, Sayı 686, 2025.
- "Observing October 2024", *Sky and Telescope*, Cilt 150, Sayı 1, 2025.
- Ratcliffe, M. ve Ling, A., "Sky This Month", *Astronomy*, Cilt 53, Sayı 7, s. 28-35, 2025.
- https://www.imo.net/resources/calendar/
- https://www.rmg.co.uk/stories/space-astronomy/delta-aquariid-meteor-shower-2025-when-where-see-it-uk
- https://science.nasa.gov/mission/hubble/science/explore-the-night-sky/hubble-messier-catalog/messier-44/

Düşünme Kulesi

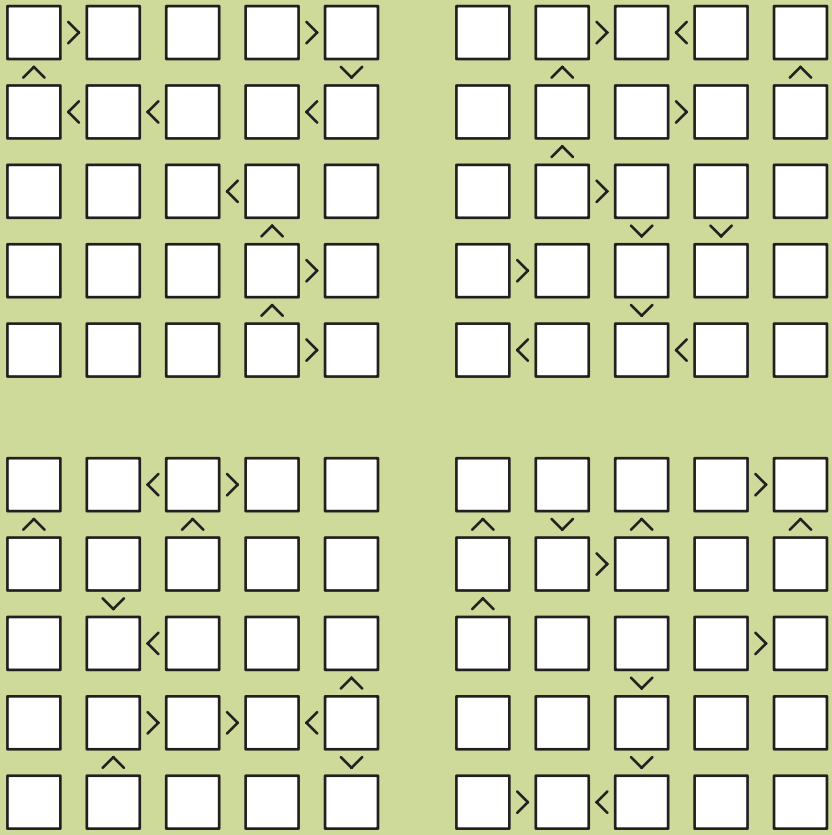
Ferhat Çalapkulu [*dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr*

Ayın Oyunu
Futoşiki

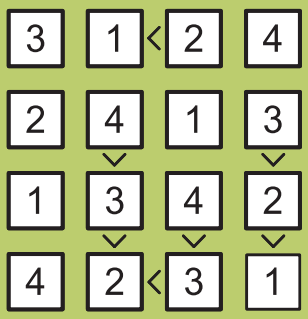
Futoşiki Oyununun Kuralları

Her satırda ve sütunda 1'den 5'e (örnek için 1'den 4'e) kadar rakamlar tam olarak bir kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun.

Hücrelerdeki rakamlar arasındaki ilişki büyüktür (>) ve küçüktür (<) işaretleri ile belirtilmiştir.

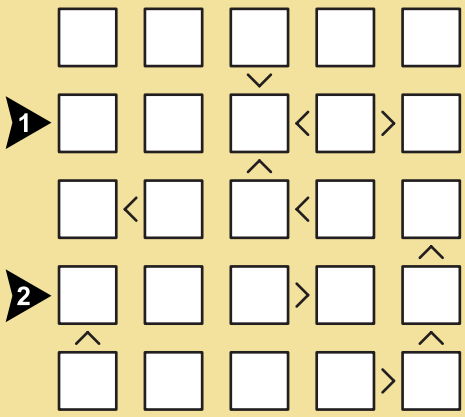


Futoşiki - Örnek Çözüm



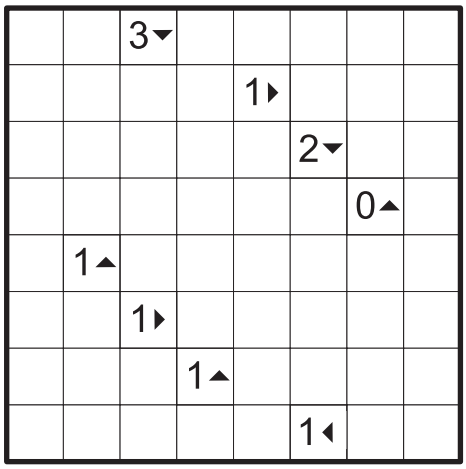
Ödüllü soru

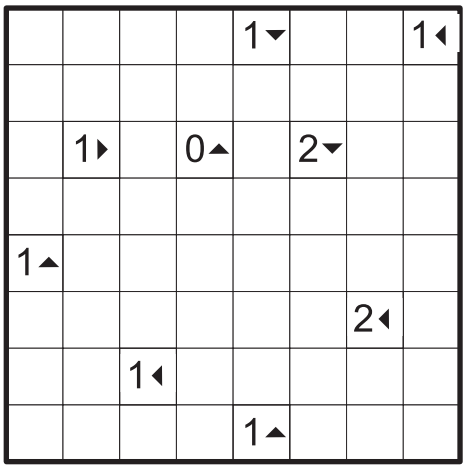
* Futoşiki sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Işığın Öyküsü* başlıklı kitap hediye edilecektir. Çekiliş sonuçları, dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır. Geçen ayın ödüllü Kendoku sorusunu doğru yanıtlayanlar arasından çekilişle belirlenerek kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi, internet sitemiz üzerinden duyuruldu.



1 ve 2 numaralı okun doğrultusundaki içeriği yazın. Mesela soldaki örnek çözümün ilk satırı 3124 şeklinde yazılmalıdır.

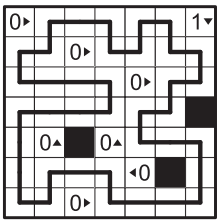
Yajilin: Bazı hücreler karalanacak ve kalan tüm hücrelerden kendisini kesmeyen tek bir kapalı yol geçirilecektir. Diyagramdaki rakamlar, ilgili doğrultuda kaç hücre karalanacağını göstermektedir. Karalanmış hücreler birbirine kenardan temas edemez. Rakam bulunan hücrelerden yol geçemez.



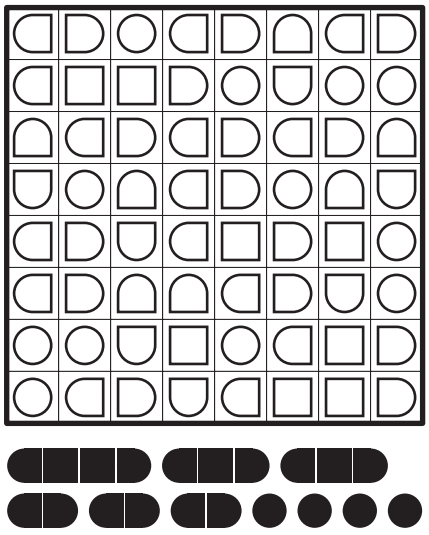


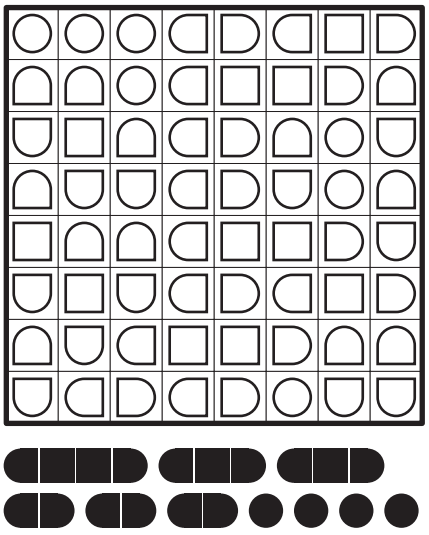
Yajilin

Örnek Çözüm



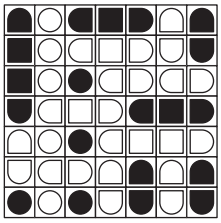
Retro Amiral Battı: Bu amiral battı oyunu türevinde gemilerin olası yerleri belirlenmiştir. Tablolara altlarında verilen filolardaki tüm gemileri yerleştirin. Gemiler birbirlerine çaprazdan da olsa temas etmemelidir.



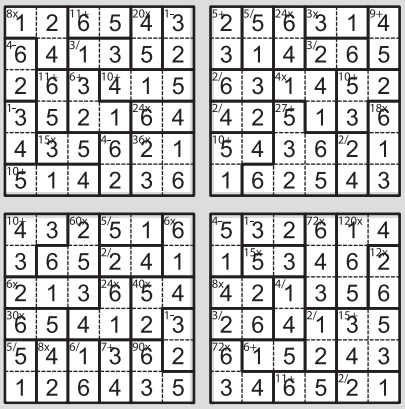


Retro Amiral Battı

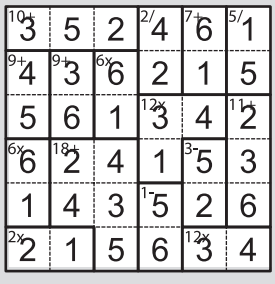
Örnek Çözüm



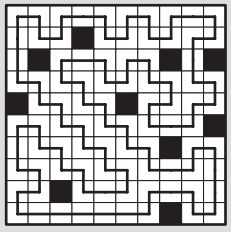
Geçen Sayının Çözümleri

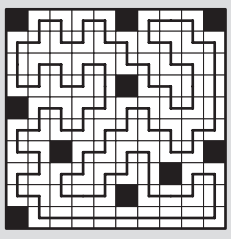


Kendoku



Ödüllü Soru: Kendoku





Patika

4	2	0	4	6	4	4	3
0	5	5	3	3	6	3	5
6	5	5	2	6	0	1	0
6	1	3	2	2	6	5	2
4	5	6	1	2	0	0	0
3	4	2	1	0	1	2	3
1	1	4	5	1	4	3	6

4	2	1	1	1	5	4	6
5	0	6	6	2	2	4	1
5	4	1	0	4	0	0	1
5	6	5	0	0	3	2	0
1	0	2	3	5	3	2	4
5	3	3	2	4	2	6	6
6	5	3	1	4	3	6	3

Domino Avı

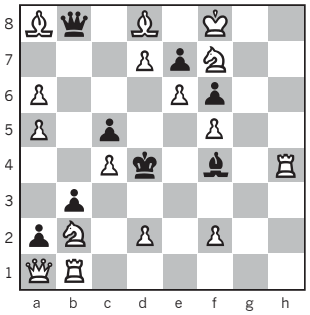
Kıvanç Çefle [*btsatranc@tubitak.gov.tr*

Satranç Problemlerinde Görevler ve Rekorlar-I

Baştan söylemeliyiz ki bu başlığı İngiliz kurgucu Sir Jeremy Morse'un bir klasik olarak kabul edilen, üçüncü ve son baskısı 2016 yılında yapılan "Chess Problems: Task and Echoes" isimli kitabından aldık. Zaten bu yazıda da büyük ölçüde bu kaynaktan yararlandık. Satranç problemcileri bazen bir temayı kendilerine "görev" (task) belirler ve bu temanın koşullarına göre bir problem kurmaya çalışırlar. Örneğin ABD'li Babson Ney'in 1884 yılında ortaya attığı ve kendi adıyla anılan "Babson Görevi" (Babson Task), uzun yıllar problemcileri uğraştırdı. Bu göreve göre bir problemde siyah tematik savunmalarının her birinde bir piyonunu dört farklı taştan birine terfi ettirmeliydi. Buna karşılık siyah piyon hangi türden bir taşa terfi ettiyse beyazın da bir piyonunun aynı türden bir taşa terfi etmesi gerekiyordu.

Bu zor görev ancak 1983 yılında Sovyet kurgucu Leonid Yarorosh tarafından dört hamlelik bir problemde yerine getirilebildi (Diyagram 1)

Diyagram 1
Leonid Yarosh
Shakhmaty v SSSR, 1983
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve dört hamlede mat eder.

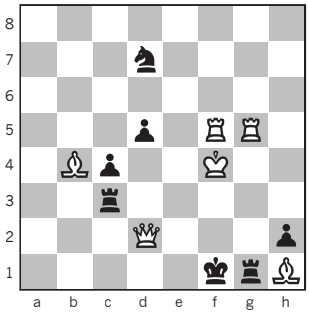
Çözüm:

1. a7! (tehdit 2. axb8=V ... 3. Vxf4, Kxf4#)
a) 1... axb1=V 2. axb8=V ... 3. Vxf4+ Ve4 4. Ve3#;
b) 1... axb1=S 2. axb8=A (2. axb8=V Axd2 ve mat yok) **Axd2 3. Vc1 Se4 4. Sc6# ;**
c) 1... axb1=K 2. axb8=K (2. axb8=V Kxb2 3. Vxb3 pat) **Kxb2 3. Kxb3 Şxc4 4. Va4#;**
d) 1... axb1=F 2. axb8=F (2. axb8=V Fe4 3. Vxf4 pat) **Fe4 3. Fxf4 ... 4. Fe3/Fe5#**

funky-data / iStock

Yandakine göre daha kolay görevler var elbette. Örneğin bir problemde teorik olarak beyaz şah, altı farklı hamleyle şah çekerek mat edebilir. Bu görevi daha 19. yüzyıldan itibaren farklı problemciler başarılı kurgularla yerine getirdi. Elbette aşağıdaki örnekte de görüleceği gibi burada şah kendisi değil, önünde durduğu başka bir taşın yolundan çekilerek yani "açarak" şah çekmektedir (Diyagram 2):

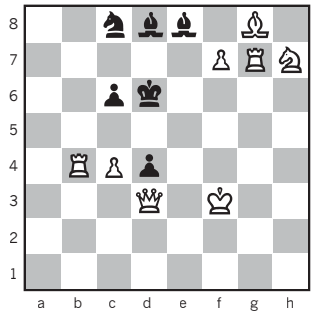
Diyagram 2
Charles Lewis Fitch
Detroit Free Press, 1879
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve iki hamlede mat eder.

Çözüm:
1. Ve3 (zugzwang)
1…A~ 2. Ş(x)e5#
1…d4 2. Şe4#
1…Kxe3 2. Şxe3#
1…Kg4+ 2. Şxg4#
1…Kg3/Kxh1 2. Ş(x)g3#
1…Kg2 2. Fxg2#
1…Kc1 2. Vf3#
1…Kc~ 2.Ve1#
Bir diğer görev: Bir problemde siyah şah en fazla kaç kareye kaçabilir? Bu sayı ABD'li kurgucu Alain C. White tarafından kurulan aşağıdaki problemde gösterildiği üzere şimdilik yedidir (Diyagram 3).

Diyagram 3
Alain C. White
Pittsburgh Post, 1927



Beyaz oynar ve iki hamlede mat eder.

Çözüm:
1. c5+ (İki hamlelik satranç problemlerinde şah çekilen bir anahtar hamle çok nadirdir.)
a) 1…Şd5 2. Vf5#;
b) 1…Şd7 2. f8=A#;
c) 1…Şe6 2. fxe8=V#;
d) 1…Şe5 2. Ve4#;
e) 1…Şe7 2. f8=V#;
f) 1…Şxc5 2. Vxd4#;
g) 1…Şc7 2. fxe8=A#

Anahtar hamlede şah çekilmiş olsa da yedi varyantın her birinde beyazın farklı bir hamleyle mat etmesi probleme ayrı bir güzellik katıyor.

Bir de en uzun problemi kurma denemeleri var. Örneğin bir elektrik mühendisi olan Macar Otto Blathy, 290 hamlelik bir problem kurmuş. Ancak "Blathy'nin canavarı" olarak bilinen 1929 tarihli problem başlangıç pozisyonunun kural dışı olması, terfi etmiş taşların kullanılması ve özellikle de duallerin olması gibi bazı hatalar içeriyor. Bu tür hatalar içermeyen en uzun problemi ise Danimarkalı Walther Jorgensen'in kurduğu kabul ediliyor. Jorgensen 1976'da 200 hamlelik bir problem kurmuştu daha sonra bu problemde bazı modifikasyonlar yaparak 1981'de 226 hamlelik bir konum elde etmeyi başardı. Blathy'nin problemindeki gibi kusurlar içermeyen bir problem olarak şimdilik rekor onda! Bu problemlerin çözümleri çok uzun olduğu için bunlara yer veremiyoruz. Ancak ilgilenen okurlarımız, "Chess Problem Database" ya da "Yet Another Chess

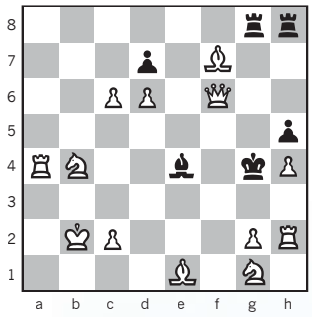
Problem Database" gibi çevrim içi veri tabanlarında bu problemleri bulabilir ve inceleyebilir.

Görevler ve rekorlarla ilgili yazımıza bir sonraki sayıda devam edeceğiz.

Ayın Soruları

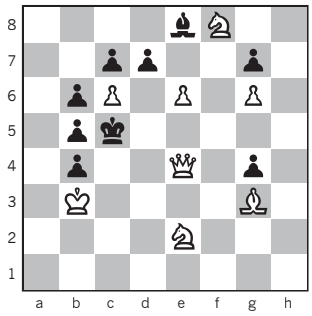
Bu ayın problemleri bazı "görevlerle" ilgili. Bakalım bu görevleri tanıyabilecek misiniz?

Diyagram 4
Henry Wald Bettmann
La Strategie, 1908
Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve iki hamlede mat eder.

Diyagram 5
William Shinkman
Detroit Free Press, 1885

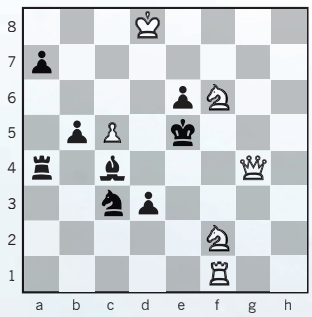


Beyaz oynar ve iki hamlede mat eder.

Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Geçen ay sizlere ünlü Alman satranç oyuncusu Richard Teichmann'ın kurduğu iki problem sormuştuk. Şimdi bunların çözümlerini veriyoruz.

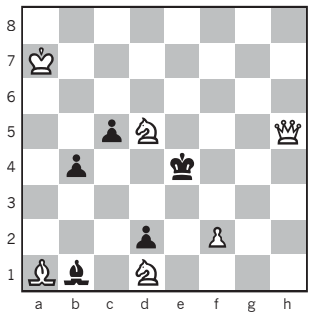
Diyagram 6
Richard Teichmann
Neue Dürcher Zeitung, 1906



Beyaz oynar ve iki hamlede mat eder.

Çözüm:
1. Vg1 (tehdit 2. A(2) g4#)
a) 1…F~ 2. Axd3#;
b) 1…Şd4 2. A(2)g4#;
c) 1…Şf4/Şxf6/Şf5 2. Axd3#

Diyagram 7
R. Teichmann
British Chess Magazine, 1906
İkincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm:
1. Fe5! ~ 2. Af4 ~ 3. f3#
a) 1…Fc2 2. Af6+ Şd3 3. Ab2#
b) 1…Şxd5 2. Ae3+ Şc6/Şe6 3. Ve8#; 2…Şe4 3. Vf5#.
c) 1…Şd3 2. Ab2+ Şe4 3. Af6#; 2…Şc2 3. Vd1#.

Ayın Sorusu

Prof. Dr. Azer Kerimov [*bteknik@tubitak.gov.tr*
Bilkent Üniversitesi, Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte bteknik@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz:

Bu ay:
Şekilli Kimya Sözlüğü

Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır.

Ali Baba'nın Yüzüklerin Kütlelerini Kanıtlaması

Ali Baba, haramiler tarafından mağarada alıkonulmuştur. Haramiler, Ali Baba'nın iyi bir mücevher ustası olduğunu öğrenir ve Ali Baba'ya onun mağaradan salıverilmesi için birbirinden farklı görüntüye sahip on beş tane altın yüzük hazırlaması gerektiğini söyler. Bu on beş altın yüzüğün biri tam olarak 1, biri tam olarak 2, biri tam olarak 3, . . . ve sonuncusu tam olarak 15 gram olmak zorundadır.

Ali Baba ondan istenilen 15 altın yüzüğü hazırlar ve haramiler Ali Baba'ya yaptığı işe karşılık olarak 40 tane gümüş sikke verir. Haramiler yüzükleri çok beğenir fakat Ali Baba'yı salıvermeden önce ondan yüzüklerin kütlelerinin istenilen koşulları sağladığını kanıtlamasını ister. Bunun için haramiler Ali Baba'ya bir tane iki kefeli tartı verir. Yüzüklerin kütlelerinin doğru olduğunu kanıtlaması için Ali Baba her işlemde tartının bir kefesine istediği bir yüzüğü diğer kefesine ise bir veya birkaç tartı taşı yerleştirmelidir. Bir işlemde sadece bir yüzük kullanılabilir ve kullanılan yüzüğün bulunduğu kefeye bu yüzük dışında herhangi bir tartı taşı yerleştirilemez. Ali Baba yüzükleri kendisi hazırladığı için hangi yüzüğün kaç gram olduğunu biliyor. Haramiler Ali Baba'ya kütlesi 1, 2, 4, ve 8 gram olan dört tartı taşı bulunduğunu söyler. Ali Baba her işlemden önce haramilerden bu dört tartı taşının bir veya birkaçını alabilir.

Kurallara göre Ali Baba, her tartı taşını almak için haramilere 1 gümüş sikke vermek zorundadır. Ali Baba herhangi bir işlemde kullandığı tartı taşını bir sonraki işlemde kullanmazsa haramiler, kullanılmayan o tartı taşını ondan geri alır. Bundan sonra aynı tartı taşını haramilerden tekrar almak için Ali Baba yeniden onlara 1 gümüş sikke vermek zorundadır. Ancak Ali Baba bir işlemde kullandığı bir tartı taşını haramilere geri vermeden bundan hemen sonraki işlemde de kullanırsa gümüş sikke harcamadan aynı taşı yeniden kullanmış olur. Örnek olarak Ali Baba, ilk işlemde haramilere 2 gümüş sikke vererek onlardan kütlesi 2 ve 4 gram olan iki tartı taşı alıp kütlesi 6 gram olan bir yüzüğün 6 gram olduğunu onlara ispatlayabilir. Bundan sonra Ali Baba haramilere 1 gümüş sikke vererek 8 gramlık bir tartı taşı alıp kütlesi 8 ve 4 gram olan iki tartı taşını kullanarak 12 gram olan bir yüzüğün 12 gram olduğunu kanıtlayabilir. Fakat bu işlemden hemen sonra haramiler son işlemde kullanılmayan 2 gramlık tartı taşını Ali Baba'dan geri alır. Ali Baba bundan sonra kütlesi 2 gram olan bu tartı taşını yeniden kullanmak isterse haramilere yeniden 1 gümüş sikke vermek zorunda kalır.

Ali Baba 15 yüzüğün kütlelerinin ondan istenildiği gibi 1, 2, ...,15 gram olduğunu ispatlamak için haramilere mümkün olduğunca az gümüş sikke vermek istiyor. Buna göre Ali Baba, tüm tartı işlemleri bittikten ve salıverildikten sonra mağaradan en fazla kaç gümüş sikke ile ayrılabilir? Ali Baba'nın bunu nasıl yapabileceğini gösteriniz ve Ali Baba'nın mağaradan ayrılırken bulunduracağı gümüş sikke sayısının neden daha fazla olamayacağını kanıtlayınız.

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı [*zeka.oyunlari@tubitak.gov.tr*

YARIŞMA TAKIMLARI

Bir yarışma için 8 öğrenci arasından 2 adet 3 kişilik ve 1 adet 2 kişilik takım oluşturulacaktır. Bu işlem kaç farklı biçimde yapılabilir?

1	AB	CD	E
2	AB	CE	D
3	AB	DE	C
4	AC	BD	E
5	AC	BE	D
6	AC	DE	C
7	AD	BC	E
8	AD	BE	C
9	AD	CE	B
10	AE	BC	D
11	AE	BD	C
12	AE	CD	B
13	BC	DE	A
14	BD	CE	A
15	BE	CD	A

Eğer soru 5 öğrenci arasından 2 adet 2 kişilik ve 1 adet 1 kişilik takım oluşturmak için sorulsaydı cevap 15 olacaktı:

(Öğrencileri A, B, C, D ve E olarak adlandırarak)

ON TOP

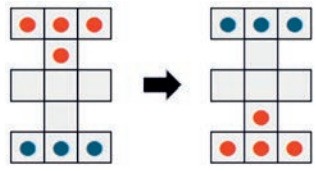
Arkadaşınızla şöyle bir oyun oynuyorsunuz: Bir kutuda biri beyaz, ikisi kırmızı, üçü lacivert, dördü sarı olmak üzere toplam 10 top vardır. Bu kutudan rastgele iki top çekilecek. Eğer toplardan biri sarı, diğeri lacivert çıkarsa siz, biri sarı diğeri kırmızı çıkarsa arkadaşınız kazanacak.

Bu oyunu sizin ve arkadaşınızın kazanma olasılıklarını hesaplayınız.

YEDİ ARDIŞIK SAYI

7 ardışık pozitif tam sayıda 7 rakamı, tam olarak 17 kez kullanılmıştır. Bu sayıların en küçüğü en az kaçtır?

PULLARI SÜRÜKLE



Soldaki tahtada yer alan dört kırmızı ve üç mavi pulu sürükleyerek sağdaki tahtayı elde ediniz.

▶ Her hamlede bir pulu önünde engel bulunmayan yatay ve dikey kareler boyunca sürükleyebilir ve hareket yönünü değiştirebilirsiniz.
▶ Bir pulun başka pullara dokunmadan sürükleme ve yön değiştirme işlemleriyle başka konuma taşınması, sürüklenen kare sayısına bakılmaksızın 1 hamle sayılacaktır.

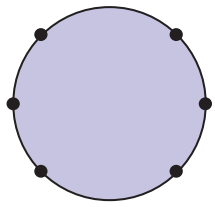
Hedefiniz en az hamle yaparak bu amaca ulaşmak.

NOKTALAR

(8,1), (3,2), (12,5), (6,3), (9,4)
Bu beş noktadan hangisi farklıdır?

ÇEMBER VE NOKTALAR

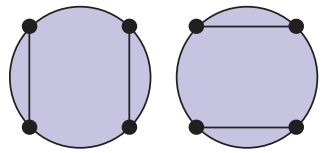
Bir çember üzerinde 6 nokta var. Bu noktaları doğrular çizerek birbirlerine bağlayacak ve



nokta çiftleri oluşturacaksınız.
▶ Bir noktaya birden fazla nokta bağlanmayacak.
▶ Bağlanmamış hiçbir nokta kalmayacak.
▶ Doğrular birbirleriyle kesişmeyecek.

Bu koşullara göre bu işlem kaç farklı biçimde yapılabilir?

Örnek:
Eğer soru 4 nokta için sorulsaydı çözüm şekildeki gibi yapılabilecekti ve cevap 2 olacaktı.



EVDEN OKULA

Can evinden okula yürüyerek gidip koşarak döndüğünde sadece yürüyerek gidip dönmesine göre eve yarım saat daha kısa sürede ulaşıyor. Evden okula koşarak gidip döndüğünde ise tamamen yürüyerek gidip dönmesine göre
1 saat daha az zaman harcıyor.

Can'ın yürüme hızı
4 kilometre/saat, koşma hızı ise 6 kilometre/saat olduğuna göre evi ve okulu arasındaki mesafe kaç kilometredir?

KESİRLİ SAYILAR

Şekilde verilen beş adet kesirli sayının aralarına toplama (+), çıkarma (–), çarpma (×) ve bölme (÷) işlemlerinden her birini tam olarak bir kez yerleştirerek elde edilebileceğiniz en büyük sonuç kaçtır?
▶ Dilediğiniz kadar parantez kullanabilirsiniz.

$$\frac{1}{2}\quad\frac{1}{3}\quad\frac{1}{4}\quad\frac{1}{5}\quad\frac{1}{6}$$

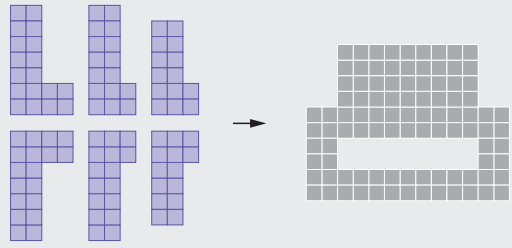
SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine hangi sayı gelecek?

51	49	78
93	35	96
81	62	72
47	18	99
26	47	?

ALTI "L"

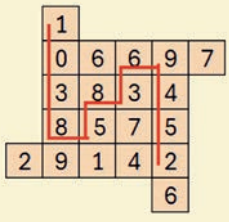
Altı "L" parçasını bir araya getirerek sağdaki şekli elde ediniz. Parçalar döndürülebilir ve ters çevrilebilir.



GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

SAYI TABLOSU

254963858301



KODLAR

60 farklı kod üretilebilir.

BEŞ KİŞİ

Kişi	Yaş	Meslek	Şehir
A	33	Avukat	Bursa
B	23	Doktor	Ankara
C	28	Mühendis	İstanbul
D	38	Öğretmen	Antalya
E	43	Ressam	İzmir

KODLANAN SAYI

676 ile kodlanan sayı en fazla 700 olabilir.
Birinci kurala uyan sayılar: 678, 684
İkinci kurala uyan sayı: 651 ve 702
arasında en az bir rakamı tekrar eden
en büyük sayı olan 700
Üçüncü kurala uyan sayı: 576
Bunlar arasında en büyük olan: 700

KENDİSİ VE TERSİ

978

978-879=99

KAR YAĞMA OLASILIĞI

Üç gün içinde iki günün kar yağması üç farklı biçimde gerçekleşebilir:

1. Yağdı, Yağdı, Yağmadı
Olasılık: x.y.(1-y)

2. Yağdı, Yağmadı, Yağdı
Olasılık: x.(1-y).z

3. Yağmadı, Yağdı, Yağdı
Olasılık: (1-x).z.y

Art arda üç gün içinde tam olarak iki gün kar yağma olasılığı bu üç olasılığın toplamıdır:

xy(1-y)+xz(1-y)+yz(1-x)

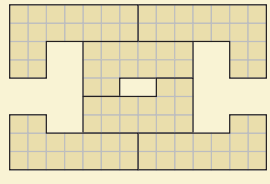
SORU İŞARETİ

CDFEBA gelecek.

DBEFCA	FBEACD
BDAFCE	CAEBFD
CFBEAD	ECAFDB
FEABDC	CDFEBA

Harflerin alfabetik sıraları (ABCDEF) dikkate alınıyor. FEABDC'de A harfi, C harfinin yerinde olduğu için çözüm dizisinde ilk harf C oluyor. B harfi, D harfinin yerinde olduğu için çözüm dizisinin ikinci harfi D oluyor. İşlem benzer biçimde devam ediyor.

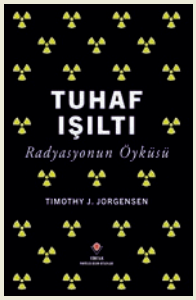
ALTI "L"



Yayın Dünyası

Dr. Özlem Kılıç Ekici [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Tuhaf Işıltı – Radyasyonun Öyküsü



Timothy J. Jorgensen
Çeviri: İlknur Kelso

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2025 (1. Basım)

Bu kitap, geçmişten günümüze insanlığın radyasyonla olan etkileyici ilişkisini ele alıyor. Radyasyona ilişkin bilgimizin tarih boyunca yaşanmış ilginç olaylarla nasıl değişip dönüştüğünü ortaya koyuyor. Radyasyonun ne olduğunu, sağlık alanında nasıl kullanıldığını, ne tür zararlar verdiğini ve radyasyonun olumsuz etkilerinden nasıl korunabileceğimizi anlatıyor. Ayrıca evlerimizdeki radon riski, gıdalardaki radyoaktivite düzeyleri ve radyasyonun cep telefonu kullanımı ya da kanserle bağlantısı gibi bir dizi gündelik meseleye odaklanıyor. *Tuhaf Işıltı*, geçmiş yüzyılda radyasyonla ilgili edindiğimiz deneyimin, günümüzde radyasyona maruz kalma konusunda daha akıllıca kararlar almamızı ve toplumsal sorunlara daha net bir anlayışla yaklaşmamızı sağlayabileceğine işaret ediyor. Dikkat çekici olaylar, insanlar, araştırmalar ve örneklerle dolu bu kitap radyasyona ve radyasyonun modern toplumu nasıl dönüştürdüğüne dair zengin bir bakış açısı sunuyor.

Şifrebilim Bulmacaları

Umut Uludağ

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Başvuru Kitaplığı, 2025 (1. Basım)

Şifrebilim; genel anlamda ileti, yazı ve verilerin yetkisizce okunmasını engellemek ve bunların güvenli bir şekilde alıcısına ulaşması için çalışmalar yapan, bu alanda yöntemler geliştiren bilim dalının adıdır. Matematik, şifrebilim, sayılar, genel kültür ve ilgi çekici diğer kümelerin kesişiminde yer alan bulmacalarla tanışmaya ne dersiniz? 101 soru ve açıklamalı cevaplarıyla şifrebilimin tarihi, popüler uygulamaları, ilgili kaynakları hakkında bilgi sahibi olun. Eğlenceli ve eğitici, zaman zaman oldukça zor ama hepsi uğraşmaya değer bulmacalar sizleri bekliyor.

Unutulmuş Becerilerin El Kitabı

Natalie Crowley, Elaine Batiste
Çeviri: Bengisu Özdemir
Çizer: Chris Druez

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Çocuk ve Gençlik Kitaplığı, 2025
(1. Basım)

Bu kitapta, takip edilmesi kolay ve eğlenceli etkinliklerle üretmeyi, inşa etmeyi, yemek pişirmeyi öğrenerek pek çok beceri edinecek ve unutulmayacak bir eğlencenin kapısını aralayacaksınız.

Bir Kitap Nasıl Hazırlanır? (Köpeğim Hakkında)

Chris Barton
Çeviri: Meryem Tuğba Pekşen
Çizer: Sarah Horne

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Çocuk ve Gençlik Kitaplığı, 2025 (1. Basım)

Yazar Chris Barton işinin bir parçası olarak vaktinin çoğunu okul ziyaretleri ve öğrenci söyleşileri ile geçiriyor. Bu sırada sevgili köpeği Erni de bütün gün onun eve dönmesini bekliyor. Söyleşiler sırasında kendisine en çok şu iki soru soruluyor: "Kitaplarınızı nasıl yazıyorsunuz?" ve "Köpeğiniz hakkında bir kitap yazacak mısınız?" İşte yazarımız *Bir Kitap Nasıl Hazırlanır?* kitabında bu iki soruya aynı anda cevap veriyor.